



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

NÁVRH VĚTRÁNÍ A CHLAZENÍ V RODINNÉM DOMĚ

DESIGN OF COOLING AND VENTILATION SYSTEM IN FAMILY HOUSE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Michal Bíza

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Ondřej Pech, Ph.D.

BRNO 2019

Zadání diplomové práce

Ústav: Energetický ústav
Student: **Bc. Michal Bíza**
Studijní program: Strojní inženýrství
Studijní obor: Technika prostředí
Vedoucí práce: **Ing. Ondřej Pech, Ph.D.**
Akademický rok: 2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Návrh větrání a chlazení v rodinném domě

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

U nových nebo zrekonstruovaných rodinných domů, dochází vlivem zateplení a těsných oken ke zhoršenému provětrávání místností, což se projevuje zejména v zimním období, kdy koncentrace oxidu uhličitého v pobytových místnostech nezdědká překračuje hranici 3000 ppm, případně dochází k nárůstu vzdušné vlhkosti a její kondenzaci na studených konstrukcích. Vlivem polohy a orientace prosklených ploch v letním období navíc u lehkých staveb dochází k přehřívání, kdy teploty v místnostech dosahují 28 – 30 °C.

Cíle diplomové práce:

Provést literární rešerši možností větrání a chlazení v rodinných domech, vypočítat tepelnou zátěž domu, stanovit potřebné množství větracího vzduchu. Navrhnout trasu vzduchovodů a typ koncových prvků. Dále porovnat náklady na pořízení, montáž a servis vybraných chladicích a větracích jednotek. Vypočítat roční náklady na provoz chlazení a větrání.

Seznam doporučené literatury:

CHYSKÝ, Jaroslav a Karel HEMZAL. Větrání a klimatizace. 3, zcela přeprac. vyd. Brno: BOLIT-B Press, 1993. ISBN 80-901-5740-8.

JANOTKOVÁ, Eva. Technika prostředí. Brno: VUTIUM, 1991, 201 s. ISBN 802140258X.

SZÉKYOVÁ, Marta. Větrání a klimatizace. Bratislava: Jaga, 2006, 359 s. ISBN 80-807-6037-3.

ČSN 73 0548: Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů. Praha: Český normalizační institut, 1986.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na návrh větrání a chlazení pro rodinný dům. První část práce se zabývá možnostmi větrání a chlazení, vzduchovody a jejich součástmi a vybranými větracími jednotkami. Následující část se zabývá rozbořem vzduchotechnických tras, jejich dimenzemi a tlakovými ztrátami. Poté je určena tepelná zátěž domu, na kterou je navrženo chlazení. Poslední část se zabývá porovnáním finančních nákladů na pořízení všech komponent pro větrání i chlazení, montáž, instalaci a náklady na provoz. Přiložené výkresy a seznamy položek se nachází v příloze.

Klíčová slova

Větrání, chlazení, rodinný dům, VZT, tepelný zisk, tlakové ztráty, větrací jednotky, chladicí jednotky

ABSTRACT

The diploma thesis is focused on the design of ventilation and cooling for the family house. The first part of the thesis deals with possibilities of ventilation and cooling, air ducts and their components and selected ventilation units. The next part deals with the analysis of air-conditioning routes, their dimensions and pressure losses. Then the heat gain is determined, and cooling is proposed. The last part deals with the comparison of financial costs for purchase of all components for ventilation and cooling, assembly, installation and operating costs. The enclosed drawings and item lists are at the end of the thesis.

Keywords

Ventilation, cooling, family house, HVAC, heat gain, pressure losses, ventilation units, cooling units

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Citace tištěné práce:

BÍZA, Michal. *Návrh větrání a chlazení v rodinném domě*. Brno, 2019. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/117454>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav. Vedoucí práce Ondřej Pech.

Citace elektronického zdroje:

BÍZA, Michal. *Návrh větrání a chlazení v rodinném domě* [online]. Brno, 2019 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/117454>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav. Vedoucí práce Ondřej Pech.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Návrh větrání a chlazení v rodinném domě** vypracoval samostatně s použitím odborných pramenů a literatury v ní uvedené.

Datum

Michal Bíza

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto panu Ing. Ondřeji Pechovi, Ph.D. za veškerý čas, rady, připomínky a ochotu, kterou mi v průběhu vypracování této práce dal.

Poděkování patří také všem firmám, které mi poskytly důležité informace pro vypracování této diplomové práce.

Také bych chtěl poděkovat své rodině a přítelkyni za veškerou podporu při studiu na vysoké škole

Obsah

Úvod.....	12
1 Větrání.....	13
1.1 Přirozené větrání.....	14
1.1.1 Gravitační větrání (rozdíl hustot).....	14
1.1.2 Větrání účinkem větru.....	15
1.1.3 Infiltrace	15
1.1.4 Provětrávání	16
1.1.5 Aerace.....	16
1.1.6 Šachtové větrání	17
1.2 Nucené větrání.....	17
1.2.1 Celkové.....	18
1.2.2 Místní	18
1.2.3 Oblastní	19
2 Klimatizace a klimatizační zařízení	19
2.1 Klimatizace, vzduchové systémy	19
2.1.1 Nízkotlaké systémy jednokanálové.....	19
2.1.2 Systémy vícezónové.....	20
2.1.3 Jednokanálové vysokotlaké systémy.....	20
2.1.4 Vysokotlaké systémy dvoukanálové	21
2.2 Kombinované systémy vzduch – voda	21
2.3 Vodní systémy	22
2.4 Klimatizace samostatnými jednotkami.....	22
2.5 Klimatizace pro obytné budovy.....	22
2.6 Součásti větracích a klimatizačních zařízení	25
2.6.1 Ventilátory.....	25
2.6.2 Ohříváče a chladiče vzduchu.....	27
2.6.3 Zařízení pro zvlhčování vzduchu	27
2.6.4 Filtry atmosférického vzduchu.....	29
2.6.5 Vzduchovody a jeho součásti	29
2.6.6 Koncové prvky	32
3 Analýza objektu	33
4 Větrací jednotky s rekuperací	36
4.1 Jablotron Futura	36
4.2 Wafe 350 EFS.....	37
4.3 Ventbox 300 Standard	37
5 Volba větracích jednotek a trasy vzduchovodů	38
5.1 Jablotron Futura 250 a zónová regulace	40
5.2 Wafe 350 EFS a rozváděcí box	41

5.3	Ventbox 300 Standard a kalhotové kusy	42
6	Dimenzování vzduchovodů	44
6.1	Jablotron Futura 250 a zónová regulace	48
6.1.1	Návrh dimenzí a rychlostí v potrubí.....	50
6.1.2	Volba potrubí a distribučních prvků.....	51
6.1.3	Tlakové ztráty.....	52
6.2	Wafe 350 EFS a rozváděcí box	54
6.2.1	Návrh dimenzí a rychlostí v potrubí.....	55
6.2.2	Volba potrubí a distribučních prvků.....	56
6.2.3	Tlakové ztráty.....	57
6.3	Ventbox 300 Standard a kalhotové kusy	58
6.3.1	Návrh dimenzí a rychlostí v potrubí.....	58
6.3.2	Volba potrubí a distribučních prvků.....	59
6.3.3	Tlakové ztráty.....	60
7	Tepelná zátěž	61
7.1	Zisk od vnitřních zdrojů	61
7.1.1	Produkce tepla od lidí.....	61
7.1.2	Produkce tepla od svítidel	62
7.1.3	Produkce tepla od elektronických zařízení.....	62
7.1.4	Produkce tepla od ventilátorů.....	62
7.1.5	Produkce tepla ze sousedních místností	62
7.2	Zisk z vnějšího prostředí.....	63
7.2.1	Tepelný zisk prostupem tepla okny.....	63
7.2.2	Tepelný zisk sluneční radiací okny	63
7.2.3	Tepelný zisk vnějšími stěnami	67
7.2.4	Tepelný zisk z přívodu čerstvého větracího vzduchu	67
7.3	Vodní zisky.....	68
7.4	Celkové tepelné zisky (citelné teplo).....	68
7.5	Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru	68
8	Ukázkový výpočet tepelné zátěže	68
8.1	Zisk od vnitřních zdrojů	69
8.1.1	Produkce tepla od lidí.....	69
8.1.2	Produkce tepla od svítidel	69
8.1.3	Produkce tepla od elektronických zařízení.....	69
8.1.4	Produkce tepla od ventilátorů.....	69
8.1.5	Produkce tepla ze sousedních místností	69
8.2	Zisk z vnějšího prostředí.....	71
8.2.1	Tepelný zisk prostupem tepla okny.....	71
8.2.2	Tepelný zisk sluneční radiací okny	71

8.2.3	Tepelný zisk vnějšími stěnami	74
8.2.4	Tepelný zisk z přívodu čerstvého větracího vzduchu	75
8.3	Vodní zisky	75
8.4	Celkové tepelné zisky (citelné teplo).....	75
8.5	Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru	75
9	Chlazení	78
9.1	Freonový chladič MKF 250.....	79
9.2	Multi-split jednotka	80
10	Pořizovací, montážní, servisní a provozní náklady větracích a chladicích jednotek	81
10.1	Větrací jednotky	81
10.1.1	Jablotron Futura 250.....	84
10.1.2	Wafe 350 EFS	85
10.1.3	Ventbox 300 Standard	86
10.2	Chladicí jednotky.....	87
10.2.1	Freonový chladič	87
10.2.2	Multi-split jednotka	87
10.3	Porovnání.....	88
	Závěr.....	90
	Bibliografie.....	92
	Seznam použitých symbolů a zkratek	94
	Seznam obrázků	98
	Seznam tabulek	99
	Seznam příloh.....	100

Úvod

Trendem moderní doby je to, že se lidé snaží na všem ušetřit. Jedním z příkladů je šetření nákladů na energii, která se spotřebuje k vytápění, větrání nebo chlazení. Toho se dosáhne tím, že se zateplí a zatěsní obálka domu včetně oken a dveří. Tím se v zimě dosáhne nižších tepelných ztrát a v létě nižších tepelných zisků. Problém je však ten, že je obálka domu těsná, tak dům není schopen se vyvětrat infiltrací, tak jak tomu bylo dříve u nezatěsněných domů. Jednou z možností, jak vyvětrat je, že se otevřou okna. Jenže tato varianta způsobuje v zimě velké tepelné ztráty a v létě velké tepelné zisky.

Vnitřní prostředí je hlavně znečišťováno přítomností CO₂, ale také jiných nečistot. Během dne má člověk možnost pravidelně otevírat okna, jenže v noci, když spí, je to nemožné. Proto v noci dosahují hodnoty koncentrace CO₂ nad 3000 ppm, což je nežádoucí. Člověk neprodukuje pouze citelné teplo, ale také teplo vázané ve formě vodní páry, a to až 116 g/h při mírně aktivní činnosti.

Ideální vlhkostní podmínky v domě jsou mezi 40–60 % relativní vlhkosti. Při nižších vlhkostech vzniká a dobře se šíří prach a dochází k vysychání sliznic a očí. Při vlhkostech vyšších, nad 70 %, se množí roztoči a rostou plísně, to může vést k různým typům onemocnění.

Aby se vyhovělo požadavkům na snížení nákladů za energie, tak se v dnešní době využívá kontinuálního větrání s rekuperací tepla, která slouží k predehřevu přiváděného vzduchu. Používají se rekuperační a regenerační výměníky. Lze také zpětně získávat vlhkost.

Aktuálně se v letních měsících venkovní teploty zvyšují oproti době dřívější, a proto se i na našem území stále více vyskytuje chlazení v rodinných domech. Často se však nejedná o komfortní klimatizaci, která se skládá ze spousty částí a používá se především pro vytvoření komfortního pracovního prostředí, ale obvykle se jedná o prosté chlazení místností bez dalších větších úprav vzduchu. Na trhu je velké množství výrobců a také možností, jak chladit dům, proto je důležité při navrhování brát ohled na vstupní náklady, na náklady na provoz, ale také na prostorové možnosti budovy, na to, jestli lze chlazení zkombinovat s rozvody větracího vzduchu, a také na požadavky majitele domu.

1 Větrání

Pojmem větrání se myslím výměna vzduchu ve vnitřním prostředí. Ta se provádí přívodem čerstvého venkovního vzduchu do vnitřního prostředí a odvodem znečištěného vzduchu z vnitřního do vnějšího prostředí. Přiváděný venkovní vzduch je možné dále upravovat na požadované parametry (teplotu, vlhkost atd.) a díky systémům pro zpětné získávání tepla lze využít teplo z odváděného vzduchu pro předehřev přiváděného.

K procesu větrání může dojít pomocí působení rozdílu gravitačních sil, ten je způsobem rozdílnými hustotami teplého a studeného vzduchu. Působením větru lze také větrat. Obě tyto možnosti se řadí do skupiny přirozeného větrání. Rozdíl gravitačních sil i účinek větru způsobují potřebný tlakový rozdíl pro větrání. Přirozené větrání dělíme na [1], [2], [3], [4]:

- Infiltraci
- Provětrávání
- Aeraci
- Šachtové větrání

K dosažení potřebného tlakového rozdílu se používají i ventilátory, které slouží k přívodu a odvodu vzduchu z vnitřních prostor. Takový způsob větrání spadá do skupiny nuceného větrání, u něhož lze přiváděný vzduch dále upravovat na požadované parametry pro vnitřní prostředí. Jakékoliv úpravy vzduchu se provádí v klimatizačních zařízeních. Nucené větrání může být buď trvalé nebo občasné. Dále se dělí podle součinitele větrací rovnováhy ε při celkovém větrání [1].

$$\varepsilon = \frac{V_p}{V_o} < = > 1 \quad (1.1)$$

kde:

ε	[-]	součinitel větrací rovnováhy
V_p	[m ³ /s]	průtok přiváděného vzduchu
V_o	[m ³ /s]	průtok odváděného vzduchu

Rozdělení:

- Podtlakové $\varepsilon < 1$
- Rovnotlaké $\varepsilon = 1$
- Přetlakové $\varepsilon > 1$

Podtlakové větrání

Množství přiváděného vzduchu je menší než množství odváděného. Tento princip se využívá tam, kde vzniká větší množství škodlivin a je požadavek, aby tyto škodliviny neunikaly do vedlejších prostorů (odsávání z koupelny, toalety) [1].

Rovnotlaké větrání

Jedná se o nejrozšířenější způsob větrání, kde je stejné množství přiváděného i odváděného vzduchu z místnosti [1].

Přetlakové větrání

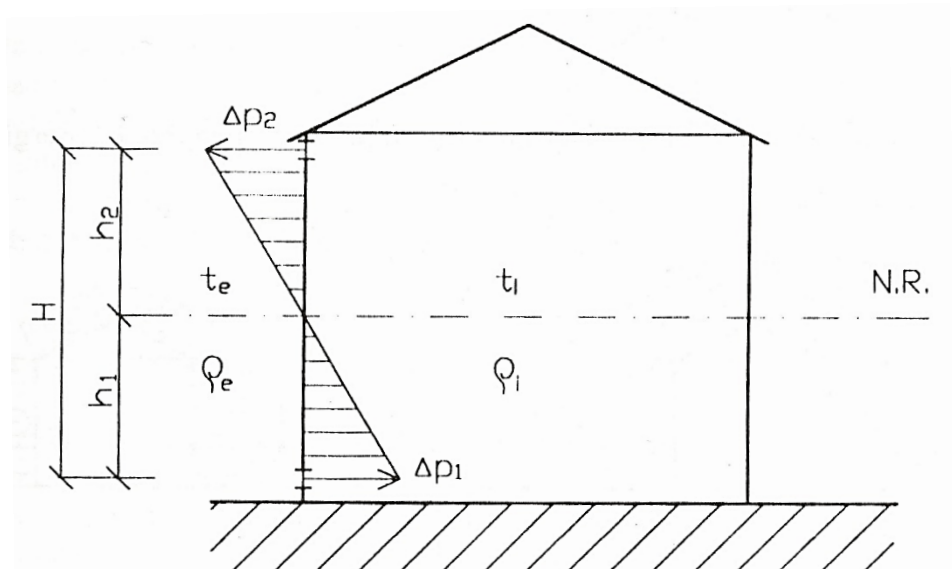
U tohoto způsobu větrání je větší množství přiváděného než odváděného vzduchu. Využívá se v místnostech, které jsou obklopeny prostory s menšími nároky na kvalitu a čistotu vzduchu, než jsou ve větrané místnosti. Aby se zabránilo vnikání tohoto znečištěného vzduchu do větrané místnosti použije se přetlakové větrání (operační sály) [1].

1.1 Přirozené větrání

K výměně vzduchu a k jeho pohybu dochází působením přírodních sil. To jsou gravitační síla a kinetická energie větru, které vytváří potřebný tlakový rozdíl, jež je podmínkou pro větrání. Z toho je jasné, že k procesu větrání není potřebný žádný stroj (ventilátor). Větrání je způsobeno vnějšími podmínkami. Jelikož se nepotřebuje ventilátor, jedná se o nejhospodárnější způsob větrání, protože jsou nulové náklady na energii potřebnou pro pohon ventilátoru [1], [3], [4], [5].

1.1.1 Gravitační větrání (rozdíl hustot)

K tomuto způsobu větrání dochází díky rozdílným měrným hmotnostem (hustotám) vnějšího a vnitřního vzduchu. Rozdíl v hustotách obou vzduchů je dán jejich rozdílnými teplotami. Vyšší měrnou hmotnost má chladnější vzduch a drží se při zemi. Teplejší vzduch má nižší měrnou hmotnost a v důsledku gravitace stoupá ke stropu. V případě stejných teplot obou vzduchů jsou stejné i jejich měrné hmotnosti, tudíž by k větrání mohlo dojít jen díky účinku větru, nikoli gravitačnímu větrání [1], [2], [3].



Obr. 1.1 Rozdělení tlaků vyvolaných gravitací [4]

Na obr. 1.1 se nachází budova, v níž jsou dva větrací otvory. Jeden v blízkosti země a druhý v blízkosti stropu. Vzdálenost otvorů je H . V otvorech vznikají tlakové rozdíly Δp_1 (otvor u země) a Δp_2 (otvor u stropu), které se dají vyjádřit pomocí rovnic [4]:

$$\Delta p_1 = h_1 \cdot (\rho_e - \rho_i) \cdot g \quad (1.2)$$

$$\Delta p_2 = h_2 \cdot (\rho_i - \rho_e) \cdot g \quad (1.3)$$

kde:

Δp_1	[Pa]	tlakový rozdíl v otvoru při zemi
Δp_2	[Pa]	tlakový rozdíl v otvoru u stropu
h_1, h_2	[m]	vzdálenosti otvorů od neutrální roviny
ρ_i, ρ_e	[kg/m ³]	hustoty vnitřního a vnějšího vzduchu
g	[m/s ²]	gravitační zrychlení (9,81)

V případě splnění podmínky pro gravitační větrání ($\rho_i \neq \rho_e$) bude jedním otvorem proudit venkovní vzduch dovnitř a druhým otvorem bude vnitřní vzduch proudit ven. N.R. je neutrální rovina vznikající v místě nulového rozdílu tlaků [1], [4].

1.1.2 Větrání účinkem větru

Působí-li vítr na budovu rychlostí w , dochází na návětrné straně k přeměně kinetické energie na tlakovou, čímž vzniká přetlak. Strana, na niž nefouká vítr, se nazývá závětrná a vzniká na ní podtlak. U střech se sklonem menším než 45° vůči větru vzniká také podtlak. Obr. 1.2 zobrazuje rozložení tlaků na budově, která je obtékána větrem [1], [2], [3], [6].

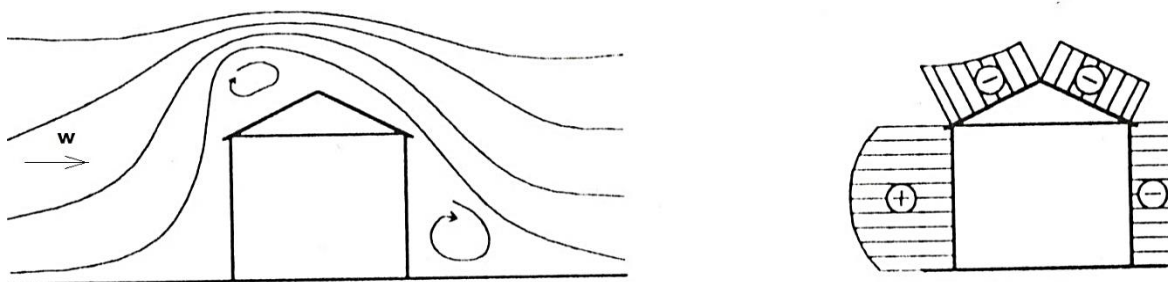
Tlak na návětrné a závětrné straně lze vypočítat pomocí rovnic:

$$p_n = A_n \cdot \rho \cdot \frac{w^2}{2} \quad (1.4)$$

$$p_z = A_z \cdot \rho \cdot \frac{w^2}{2} \quad (1.5)$$

kde:

p_n, p_z	[Pa]	tlak na návětrné a závětrné straně
A_n, A_z	[-]	tlakové součinitele pro návětrnou a závětrnou stranu
ρ	[kg/m ³]	hustota vzduchu
w	[m/s]	rychlost větru



Obr.1.2 Rozložení tlaků na budově obtékané větrem [4]

Hodnota tlakového součinitele je závislá na mnoha faktorech, např. na směru a rychlosti větru, překážkách před budovou, tvaru a poloze uvažovaného místa na budově, na struktuře terénu apod. Tlakový součinitel větru, jenž vyjadřuje množství pohybové energie, které se přemění na tlakovou, lze přesně určit pouze měřením na modelech v aerodynamickém tunelu nebo na již postavených stavbách. Pokud není koeficient předem určen, počítá se s průměrnými hodnotami, pro návětrnou stranu platí $A_n=0,9$ a pro závětrnou stranu $A_z=0,4$. Z tohoto plyne vzorec pro účinný tlak působící na budovu ve vodorovném směru [1], [2]:

$$p_n - p_z = \frac{A_n - A_z \cdot \rho \cdot w^2}{2} = 1,3 \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} \quad (1.6)$$

V zimním období je tlakový rozdíl dostatečný, proto systémy pro přirozené větrání fungují spolehlivě. V letním období však systémy fungují jen v případě, že je vnitřní teplota vyšší než vnější. Pokud je současně se škodlivinami produkováno také teplo, tak se systémy využívají celoročně [1].

1.1.3 Infiltrace

Při infiltračním větrání dochází k průniku vzduchu do budovy díky netěsnostem v konstrukci domu a skrz těsnění oken a dveří. S rostoucí kvalitou materiálů na konstrukci vnější obálky a kvalitnějšího těsnění oken a dveří dochází ke snižování možnosti větrání infilrací. Ta je způsobena jak gravitačním větráním, tak i působením větru. Tudíž se jedná o přirozené větrání. Nižší venkovní teplota a vyšší rychlost větru způsobují zvyšování infiltrace. Protože

vzduch pronikající do budovy není nijak upravován a roste s nižší teplotou, způsobuje infiltrace velké tepelné ztráty, a proto jsou v dnešní době kladeny velké nároky na materiály, z nichž se zhotovuje obálka budovy. Proto hrozí, že daná budova bude nedostatečně trvale větrána. Z tohoto důvodu je v nízkoenergetických až pasivních domech nutno nucené větrání. Větrání infiltrací je neregulovatelné větrání. Průtok vzduchu infiltrací je dán vztahem [1], [3], [4], [5]:

$$\dot{V}_{inf} = \sum(i \cdot l) \cdot \Delta p^{0,67} \quad (1.7)$$

kde:

\dot{V}_{inf}	[m ³ /s]	objemový průtok vzduchu infiltrací
i	[(m ³ /s)/(m·Pa ^{0,67})]	součinitel provzdušnosti spár
l	[m]	délka spár
Δp	[Pa]	tlakový rozdíl

1.1.4 Provětrávání

Jedná se o větrání pomocí otevírání oken. Při tomto způsobu větrání se projevují obě varianty přirozeného větrání. Je to nejpoužívanější způsob přirozeného větrání a používá se přerušovaně v obytných a veřejných budovách. Nejvhodnější variantou z energetického hlediska je provětrávání krátké, časté a s co největší intenzitou, tedy velkými otvory. V případě, že se dá v dané místnosti větrat pouze oknem, tak je hmotnostní tok venkovního vzduchu dán vztahem [1], [3], [4]:

$$\dot{M}_e = \frac{\mu \cdot b}{3} \cdot \sqrt{g \cdot \Delta p \cdot h^3 \cdot \rho_e} \quad (1.8)$$

kde:

\dot{M}_e	[m ³ /s]	hmotnostní tok venkovního vzduchu
μ	[-]	průtokový součinitel
b	[m]	šířka okna
h	[m]	výška okna

1.1.5 Aerace

Jedná se o přirozené větrání, při kterém vzniká tlakový rozdíl stejně jako u infiltrace, tedy působením větru i gravitace, ale s tím rozdílem, že vzduch do místnosti proniká zvláštními otvory k tomu určenými, nikoli netěsnostmi. Díky větším otvorům oproti infiltraci dochází při aeračním větrání k většímu průtoku vzduchu a k intenzivnější výměně vzduchu. Otvory pro přívod vzduchu jsou obvykle ve stěně blízko země a otvory pro odvod vzduchu jsou nejčastěji ve střeše nebo u stropu. Tento způsob větrání je velmi rozšířen v průmyslových provozech, kde je měrná tepelná zátěž od zdrojů větší než 25 W/m³. Účinný tlak se určí dle rovnice [1], [3], [4]:

$$\Delta p_{uč} = H \cdot (\rho_e - \rho_i) \cdot g \quad (1.9)$$

kde:

$\Delta p_{uč}$	[Pa]	účinný tlak
-----------------	------	-------------

Při větrání v zimě mohou být větrací otvory menší, protože jak vyplývá z rovnice, účinný tlak bude větší.

Dle hygienických předpisů smí být rozdíl $t_{po} - t_e$ (t_{po} – teplota vzduchu v pracovní oblasti, t_e – teplota venkovního vzduchu) maximálně 5K. Z empirické hodnoty B , jež se určuje měřením ve skutečných provozech nebo na modelech, se určí rozdíl $t_o - t_e$ (t_o – teplota odváděného

vzduchu, t_e – teplota venkovního vzduchu) a z rovnice 1.9 se vypočítá účinný tlak. Ten se dále rozdělí na tlak pro přiváděcí a odváděcí otvory, dané vztahem [1]:

$$\Delta p_{u\check{c}} = \Delta p_p + \Delta p_o \quad (1.10)$$

kde:

Δp_p	[Pa]	tlak v přiváděcím otvoru
Δp_o	[Pa]	tlak v odváděcím otvoru

Účinný tlak se rozděluje v poměru $\Delta p_o/\Delta p_p = 1$ až 2. Podmínka $\Delta p_p \leq 5$ Pa slouží k omezení rychlosti vzduchu v pracovním prostoru.

Množství proudícího vzduchu se vypočítá ze vztahu [1]:

$$\dot{M} = \frac{\dot{Q}}{c \cdot (t_o - t_e)} \quad (1.11)$$

kde:

\dot{M}	[kg/s]	množství vzduchu
\dot{Q}	[W]	tepelná zátěž $\dot{Q} = \dot{Q}_i + \dot{Q}_e$
\dot{Q}_i	[W]	vnitřní tepelná zátěž
\dot{Q}_e	[W]	vnější tepelná zátěž (ztráta)
c	[J/kg·K]	měrná tepelná kapacita

1.1.6 Šachtové větrání

Je to přirozené větrání, při němž se vzduch z místnosti odvádí obvykle nad střechu přes svislý průduch (šachta), do něhož ústí větrací otvor v místnosti. Díky výšce šachty h se zvyšuje tlakový rozdíl daný vztahem 1.9. Účinný tah šachty (rovnice 1.12) se spotřebuje na zrychlení průtoku vzduchu v průduchu, překonání tlakových ztrát, vytvoření dynamického tlaku na výstupu a k překonání tlakového rozdílu v přiváděcích otvorech (uvnitř) a vně budovy [1], [3], [4].

$$g \cdot h \cdot (\rho_e - \rho_i) = \left(\frac{\lambda \cdot h}{d} + \sum \xi + 1 \right) \cdot \frac{\rho_i \cdot w^2}{2} + (\rho_e - \rho_i) \quad (1.12)$$

kde:

h	[m]	výška šachty
λ	[-]	součinitel tření
d	[m]	průměr šachty
ξ	[-]	ztrátový součinitel

Požadujeme-li určitý průtok vzduchu šachtou, lze ji dimenzovat tak, že se nejprve zvolí průměr šachty d a poté se kontroluje splnění rovnice 1.12. Tah za větru se zvyšuje větrací hlavicí, kterou se zakončí šachta. Při dimenzování šachty se nepočítá s příznivým účinkem větru [1], [4].

Šachtové větrání se často používá v bytové výstavbě pro větrání koupelen, WC. Větrání pomocí šachty je účinné jen tehdy, je-li vnitřní teplota větší než vnější. Pokud je tomu naopak, vyjde účinný tlak záporný a může dojít k obrácení směru proudění, tento jev může být velmi nepříjemný [1], [4].

1.2 Nucené větrání

Nucené větrání se volí tam, kde se požaduje intenzivní výměna vzduchu v prostoru, a také tam, kde se požaduje, aby větrání bylo nezávislé na vnějších povětrnostních podmínkách. Oběh

vzduchu je vyvolán ventilátorem, kterým lze vzduch dopravovat skrz potrubí i na větší vzdálenosti.

Jestliže se vzduch z větrané místnosti odsává ventilátorem umístěným v otvoru ve stěně, na stropě nebo v šachtě, tak v místnosti vzniká mírný podtlak, takže se jedná o podtlakové větrání. Místo odsátého vzduchu se do místnosti čerstvý vzduch dostává přes netěsnosti nebo přes větrací otvory z vnějšího prostředí nebo z vedlejších místností. Tento způsob větrání se používá tam, kde se požaduje pouze výměna vzduchu bez úpravy, a také tam, kde je potřebná jen menší výměna vzduchu, např. záchody [1].

Vháněním vzduchu do místnosti ventilátorem se způsobuje mírný přetlak, tudíž se jedná o přetlakové větrání a při něm lze přiváděný vzduch dále upravovat (filtrování, ohřívání/chlazení). Vzduch obsahující škodliviny odchází otvory nebo netěsnostmi do vedlejších prostor [1].

Častým případem nuceného větrání je větrání kombinované, kdy se používá nucený přívod i odvod vzduchu. Podtlak nebo přetlak se volí podle použití a požadavků větrané místnosti. Tam kde se požaduje, aby vnitřní vzduch neunikal do vedlejších místností se volí podtlakové větrání a tam, kde se požaduje, aby vzduch z vedlejších místností nevnikal do větrané místnosti, se volí přetlakové větrání. Používá se především ve velkých místnostech (kina, divadla, společenské sály, továrny, velkokuchyně), protože pokud by se použil pouze systém s nuceným odvodem vzduchu, tak by při velkých výměnách vzduchu docházelo k tomu, že by vzduch vnikající spárami způsobil průvan a umožnil by vnikání prachu [1], [4].

Nucené větrání lze dělit podle toho, zda dochází k výměně vzduchu pouze v části nebo v celém prostoru. Dělí se na tři druhy:

- Celkové
- Místní
- Oblastní

1.2.1 Celkové

Celkovým větráním se dosahuje rovnoměrné výměny vzduchu v celé místnosti nebo v prostoru. Pomocí tohoto větrání se také zamezuje nárůstu množství škodlivin nad maximální přípustné hodnoty. Používá se v místech, kde se předpokládá vyskytování se většího počtu zdrojů škodlivin a také tam, kde zdroje nesetrvávají na jednom místě, a tudíž nelze efektivně využít místního větrání. Nejčastěji se využívá v obytných, průmyslových a montážních prostorech, v nemocnicích, kinech, divadlech apod. Používá se buď v kombinaci s přirozeným větráním nebo jako větrání s nuceným přívodem i odvodem vzduchu [1], [3], [4].

1.2.2 Místní

Pomocí místního větrání se vzduch přivádí nebo odvádí pouze v daném omezeném prostoru v němž vznikají škodliviny (může se přivádět i odvádět). Obvykle to jsou místa, kde se vyskytují pracovníci. Tato místa jsou předem dána např. umístěním strojů (pevná pracoviště), u kterých se vyskytuje obsluha. Do místního větrání spadají i vzduchové clony, sprchy a oázy. Vzduchové clony se nejčastěji používají ve vchodech do veřejných budov (nákupní střediska, obchody, školy, nemocnice) a zabraňují vnikání chladného vzduchu z venkovního prostředí dovnitř. Před škodlivými vlivy chrání především vzduchové sprchy a vhodné prostředí pro odpočinek během pracovní směny obvykle zajišťují vzduchové oázy [1], [3], [4].

1.2.3 Oblastní

Používá se tam, kde je z ekonomického hlediska vhodné větrat pouze část daného prostoru. Prostor se rozdělí na oblast, kde se vyskytuje člověk a na oblast, kde vznikají škodliviny. Do oblasti člověka se přivádí vzduch a z oblasti škodlivin se odvádí. Tlakový rozdíl vznikne na hranicích těchto oblastí a způsobí cirkulaci vzduchu [1], [3], [4].

Pokud lze identifikovat místa vzniku škodlivin, je vhodné použít místní nebo oblastní větrání, protože v tomto případě je celkové větrání neekonomické a neefektivní.

2 Klimatizace a klimatizační zařízení

2.1 Klimatizace, vzduchové systémy

Tento případ kompenzuje tepelnou zátěž pouze vzduchem. Protože v létě nesmí pracovní rozdíl teplot překročit 6 až 8 K, je obvykle výměna vzduchu velká. Zařízení často pracují s oběhovým vzduchem, který je však znečišťován nekvalitním vydechovaným vzduchem, proto se přechází k zařízením, jež pracují s proměnlivým přívodem čerstvého vzduchu [1], [3].

V zimě je pracovní rozdíl teplot povolen až do hodnot 20 až 30 K, proto je pro dimenzování klimatizačního zařízení rozhodující letní provoz a jeho podmínky. Vzduchovody je potřeba izolovat, protože v zimě, při vyšších teplotách, by docházelo k velkým ztrátám

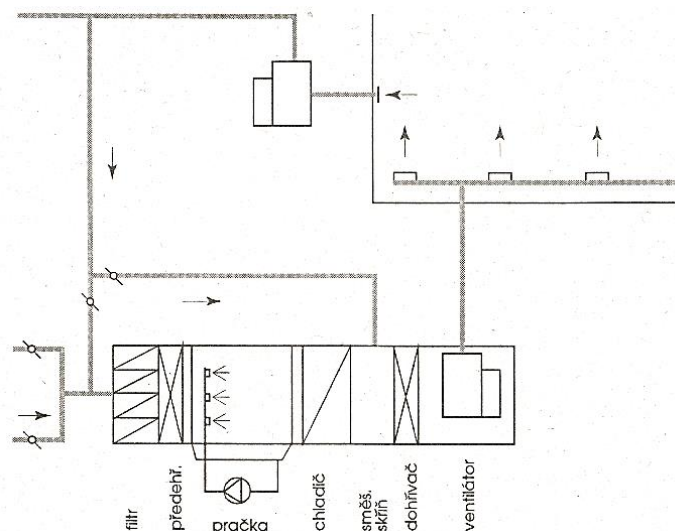
a v létě by docházelo k orosení povrchu vzduchovodů [1].

Nejjednodušším způsobem volby přívodu čerstvého vzduchu je podle počtu osob. Někdy se volí podle přítomnosti zdrojů škodlivin nebo tepla. Obvykle je minimální hodnota čerstvého vzduchu pro nekuřáka 25 m³/h, pro kuřáka je to až dvojnásobek. Pokud lze jen stěží určit počet osob v místnosti, pak se množství přiváděného vzduchu volí podle výměny vzduchu v místnosti za jednu hodinu. Ta by měla být podle účelu využívání místnosti od 0,5 za hodinu. V obchodních domech se počet osob odhaduje tak, že na každých 5 m² půdorysné plochy připadá jedna osoba. V některých budovách je přívod vzduchu předepsán v normě nebo směrnici, např. ve zdravotnických budovách [1], [3].

2.1.1 Nízkotlaké systémy jednokanálové

U těchto systémů je tlaková ztráta obvykle menší než 100 Pa. Z jednoduchého klimatizačního zařízení je vzduch rozváděn buď jedním, nebo více kanály. V tomto zařízení také dochází k úpravě přiváděného vzduchu. Všemi rozvody je veden stejně kvalitní vzduch, proto je stejně kvalitní vzduch i ve všech místnostech. Tento systém navrhnout v několika variantách [1]:

- Odváděný vzduch se vyfukuje ven, z něho se využívá teplo pro předehřev přiváděného vzduchu. Přivádí se pouze čerstvý vzduch.
- Přívod směsi čerstvého a oběhového vzduchu, jehož podíl je závislý na venkovní teplotě.
- Přívod vzduchu, jež má teplotu požadovanou v místnosti. Vytápění je zajištěno pomocí otopného systému.
- Několika zařízeními se zajišťuje klimatizace vícenásobným systémem. Jednotlivá zařízení jsou umístěna na střeše, venkovní, či vnitřní zdi. Využívá se v místech, kde by byly velké rozvody vzduchu, ve velkých halách. Snaha o dosažení co nejmenších rozvodů vzduchu.



Obr. 2.1 Centrální klimatizační zařízení s obtokem vzduchu [1]

Klasické sestavení tohoto zařízení je zobrazeno na obr. 2.1. Čerstvý vzduch je přiváděn dvěma otvory, menším a větším. Menším otvorem je zajištěn minimální přívod vzduchu. Oba přiváděcí otvory mají uzavírací klapky. Z přiváděcích otvorů míří vzduch do filtru, poté je předehříván v předehříváči a následuje do pračky vzduchu, za níž je umístěn chladič. Obtok kolem pračky a chladiče, který může být samostatně ohříván ohříváčem, slouží k regulaci vlhkosti. Dalším prvkem je směšovací komora, v níž dochází ke smísení čerstvého a oběhového vzduchu. Poté vzduch putuje do dohříváče, kde je upraven na konečnou teplotu a ventilátorem je vháněn do jednotlivých místností [1].

V případě většího prostoru nebo většího počtu místností je značným nedostatkem nerovnoměrnost teplot.

Tyto systémy se používají v místech s málo proměnlivou tepelnou zátěží, s krátkou návštěvností, v průmyslových halách a ve speciálních případech např. laboratoře, operační sály apod. V rozlehlých halách se používá vícenásobný systém [1].

2.1.2 Systémy vícezónové

Využívají se tam, kde jsou vedle sebe místnosti s různou tepelnou zátěží a s různými požadavky. Zónování lze provádět dvěma způsoby. Prvním způsobem se zónuje pomocí tzv. multizónového klimatizačního zařízení. Toto zařízení odebírá vzduch z komory teplého i chladného vzduchu a mísí ho podle požadavků daných kanálů. Druhý způsob spočívá v tom, že se vzduch přiváděný do místností ohřeje dle požadavků místnosti s nejmenšími tepelnými ztrátami a pro ostatní místnosti se vzduch dohřeje přímo v jednotlivých kanálech. Dohřívání lze uskutečnit klasickými ohříváči nebo elektrickým dohříváním, to je výhodné v tom, že se vzduch dohřívá zhruba o 1 až 3 K, tudíž není velká spotřeba a také se lépe reguluje [1].

2.1.3 Jednokanálové vysokotlaké systémy

Tlak v těchto systémech se pohybuje mezi 200 až 300 Pa. Vysokotlaké systémy pracují s poměrně velkými rychlostmi vzduchu. Tlak se využívá na tlakové ztráty rozvodu způsobené vyššími rychlostmi a také na ztráty v prvcích sloužících k dopravě vzduchu na požadované místo [1].

Výhody tohoto řešení jsou snadnější doregulování daných úseků a menší rozměry. K nevýhodám se řadí vyšší hlučnost, potřeba kvalitnějšího těsnění potrubí kvůli vyšším rychlostem a tlaku vzduchu, vyšší požadavky na aerodynamiku a také vyšší provozní náklady [1].

Základem systémů je expanzní skříň, která se skládá z regulátoru průtoku a z vložek, které slouží k tlumení hluku. Většinou však pouze vložky nestačí, a tak se za expanzní skříň přidávají další tlumiče. Díky této skříni je možné zajistit stejný průtok vzduchu nezávisle na měnícím se tlaku v síti [1].

Protože se reguluje vzduch vstupující do místnosti, je třeba regulovat i vzduch odsávaný z místnosti, to se provádí buď regulací otáček nebo škrcením ventilátoru [1].

2.1.4 Vysokotlaké systémy dvoukanálové

Tyto systémy jsou založeny na tom, že se samostatně rozvádí teplý a chladný vzduch. Ve směšovací skříni se provádí mísení obou vzduchů pro jednotlivé zóny [1].

Směšovací skříň se skládá ze dvou základních prvků: klapková část a průtoková regulační část. V první z nich se zajišťuje správný mísicí poměr obou větví vzduchu a je ovládána automatickou regulací. V obou kanálech dochází ke kolísání tlaku. Bez ohledu na toto kolísání zajišťuje druhá část směšovací skříně stálý průtok vzduchu a pracuje samočinně. Hluk se tlumí pomocí tlumicího materiálu umístěného na stěnách skříně, toto tlumení však není dostatečné, a tak se za směšovací skříň umísťují další tlumiče [1].

Vzduch je přiváděn anemostaty (častější způsob) nebo podokenními výstky. Tento systém má velké nároky na prostor, protože pracuje s velkými průtoky vzduchu [1].

U těchto systémů se neprovádí zónování. S různými a proměnlivými tepelnými zátěžemi se musí počítat již při projektování [1].

2.2 Kombinované systémy vzduch – voda

Tyto systémy byly vyvinuty z důvodu výstavby výškových budov s velkými prosklenými plochami, protože v takových budovách dochází vlivem prosklení k velké tepelné zátěži a pro pokrytí této zátěže by bylo potřeba použít rozvody vzduchu velkých rozměrů [1], [3].

Kombinované systémy pracují jen s takovým množstvím přiváděného vzduchu, které je nezbytně nutné z hygienických důvodů a nepracují se vzduchem cirkulačním. Vysokotlaké provedení rozvodu vzduchu využívají rychlosti vzduchu 10 až 20 m/s. V tomto případě je voda nositelem tepla a chladu. Primární vzduch může sloužit i k eliminaci části tepelné zátěže (ztráty) [1], [3].

Indukční jednotky slouží k rozvodu tepla a chladu, nejčastěji jsou konvektorového tvaru v podokenním provedení a pracují s primárním vzduchem o tlaku 200 až 400 Pa. Primární vzduch je tímto tlakem a vysokou rychlostí protlačen přes trysky, za nimiž je ejektorovým účinkem strháván a přisáván sekundární vzduch z místnosti. Nasávání probíhá přes vodní výměník, ve kterém dochází buď k chlazení nebo ohřátí vzduchu, následně jsou oba vzduchy smíseny a přivedeny do místnosti. Objem sekundárního vzduchu je 2 až 8násobkem vzduchu primárního, poměr vzduchů se nazývá indukční poměr. Indukční jednotky způsobují určitý hluk, který může být až 55 dB [1], [3].

2.3 Vodní systémy

Nositelům tepla a chladu je výhradně voda. Jsou dobře regulovatelné, ovladatelné, také jsou jednoduché a spolehlivé. Rozvod vody je připojen na parapetní nebo podstropní ventilátorové jednotky. Ty obsahují filtr, ventilátor, výměník a na mísení čerstvého a oběhového vzduchu slouží klapková komora. Tyto systémy mohou pracovat buď s čerstvým a oběhovým vzduchem nebo jenom s oběhovým, v takovém případě je potřeba místnost větrat samostatným větracím zařízením. Čerstvý vzduch je přiváděn buď otvory vedenými v obvodové stěně nebo z centrálního kanálu z něhož si jednotky vzduch nasávají nebo otevíráním oken [1], [3].

Kombinace systému, který pracuje pouze s oběhovým vzduchem a nízkotlakým větracím systémem sloužícím k teplovzdušnému vytápění, je nejdokonalejším systémem této kategorie. Stejně jako u indukčních jednotek je systém přetlakový, lze získávat i teplo z odváděného vzduchu [1].

Konstrukce systémů je velmi rozmanitá, s jedním nebo dvěma výměníky, radiální nebo diametrální ventilátor, vertikální nebo horizontální výustka atd. V případě použití dvou výměníků může být uspořádání buď za sebou nebo vedle sebe [1].

Jedná se o levnější variantu oproti vzduchovým a kombinovaným systémům. Nevýhodou však je hluchost způsobovaná ventilátorem, především při vyšších otáčkách. Typicky se tento systém využívá v hotelových pokojích [1].

Přepínání otáček ventilátor je ruční. Vzduch se běžně nezvlhčuje. Regulace je automatická. Vodní síť je podobně jako u indukčních jednotek nejčastěji dvoutrubková, méně často čtyřtrubková [1], [3].

2.4 Klimatizace samostatnými jednotkami

Každá místnost je v podstatě samostatným klimatizovaným prostorem, ve kterém je klimatizace zajišťována samostatnou jednotkou přímo v prostoru, popřípadě v jeho blízkosti. Je požadováno připojení na zdroj proudu, případně na zdroj proudu a chladicí vodu nebo na zdroj proudu, chladicí vodu a topnou vodu [1], [3].

Jedná se o parapetní, okenní klimatizátory a klimatizační skříně.

Nejjednodušší způsob z hlediska projektování a instalace, vzduch se upravuje pro každou místnost samostatně.

V okenním klimatizátoru je umístěno kompletní chladicí zařízení. U některých může pracovat jako tepelné čerpadlo. Umísťují se do okna nebo do otvoru ve venkovní stěně. Ruční regulace otáček a podíl čerstvého vzduchu. Chladicí výkon běžně okolo 2000 až 5000 W [1], [3].

Klimatizační skříně mají vestavěné klimatizační zařízení, které obsahuje kondenzátor chlazený vodou nebo vzduchem. Mohou zvlhčovat vzduch. Průtoky vzduchu jsou od 3 000 do 30 000 m³/h. Jsou poměrně hlučné, 50 až 70 dB [1], [3].

2.5 Klimatizace pro obytné budovy

Klimatizační zařízení slouží k eliminaci vnitřní tepelné zátěže, tedy k chlazení vnitřního prostředí. Podle teploty látky se rozděluje na vzduchové, vodní a chladivové. V dnešní době, tak jak je klimatizace komerčně vnímána, nemusí zajišťovat větrání vnitřních prostor.

Na podobném principu, kterého využívají také tepelná čerpadla a ledničky, pracuje kompresorový chladicí systém, tento princip využívá obráceného Carnotova cyklu. Kompresorový chladicí systém je nejvíce využíván. Jak vyplývá z prvního zákona termodynamiky, tak teplo přechází z látky o vyšší teplotě do látky s teplotou nižší. Pro přenos tepla proti teplotnímu spádu je potřeba vytvořit kvalitní podmínky a dodat energii. Za komfortní klimatizaci se považuje takové, kde je určujícím faktorem člověk [6].

Kompresorové chlazení využívá k výrobě chladu změnu skupenství chladiva. Tyto změny jsou při kondenzaci a odpařování kapaliny. Základními prvky chladicího okruhu jsou: výparník, kondenzátor, kompresor a expanzní ventil. K chladicímu efektu dochází při odpařování kapalného chladiva, které odebírá teplo z okolí a děje se to ve výparníku [6].

Mobilní klimatizační zařízení

Celý chladivový okruh je v jednom kompaktním zařízení. Toto zařízení je také vybaveno hadicí s průměrem zhruba 0,1 m pro odvod tepla ven okny, nebo otvorem ve zdi. Hadice je dlouhá asi 1 až 1,5 m. Hlavní výhodou je mobilita tohoto zařízení, protože má nízkou hmotnost. Montáž není potřebná, neboť je na kolečkách a stačí ji pouze zastrčit do obyčejné zásuvky. Nejčastěji se používají v místech, kde není možný zásah do konstrukce nebo tam, kde je potřeba ji přemísťovat z místa na místo. Nevýhodou je menší účinnost, hlučnost a nutnost vyvedení hadice do venkovního prostředí [6].

Split-systémy

Jedná se o zařízení, které se skládá nejméně ze dvou částí, vnitřní a vnější. Vnitřní část obsahuje výparník, který se tedy nachází přímo v chlazené místnosti, expanzní ventil a ventilátor [6].

Kompresor, kondenzátor a kompresor jsou umístěny ve venkovní jednotce. Kondenzátor předává teplo do okolí, je tedy nutné vhodně umístit venkovní jednotku, aby bylo teplo předáváno do volné atmosféry. Měděné potrubí propojuje obě jednotky. Běžný průměr potrubí je 25 mm, ale záleží také na chladicím výkonu. Potrubí je třeba izolovat [6].

Běžně tyto systémy vnitřní prostor nevětrají. Jedná se o nejrozšířenější chladivové komfortní klimatizace a mají nejjednodušší zapojení. Výkony se pohybují od 2 do 12 kW [6].

Nejběžnější umístění vnitřních jednotek:

- Nástěnná jednotka – montáž na zeď s nastavitelným výfukem šikmo před sebe až vodorovně
- Podstropní jednotka – vodorovně pod strop s vodorovným výfukem
- Parapetní jednotka – pod parapet, výfuk nahoru
- Kazetová jednotka – zabudování do podhledu nebo s opláštěním, s výfuky po dvou nebo čtyřech stranách kazety pod malým úhlem pod strop
- Potrubní jednotka – zabudování do vzduchotechnického potrubí, distribuce do místnosti je zaručena koncovými prvky tohoto potrubí

Pomocí pohyblivých lamel lze u všech jednotek částečně nastavit směr výfuku vzduchu. Vnitřní jednotka obsahuje také filtr.

Pro spokojenost uživatele a správnou funkci klimatizace je kromě výkonu důležité také umístění vnitřní jednotky v interiéru. Pokud je zvoleno nesprávné umístění, může docházet

k obtěžování průvanem a také k nerovnoměrnému rozložení teplot. Hlučnost je také důležitým faktorem vnitřních jednotek [6].

Systémy vzduch nejen chladí, ale i odvlhčují, a proto je potřeba zajistit odvod vzniklého kondenzátu do kanalizace.

Většina Split-systémů má možnost reverzního chodu, což znamená, že mohou pracovat jako tepelná čerpadla. Každý výrobce uvádí, do jakých teplot mohou klimatizace pracovat jako tepelná čerpadla. Obvykle je rozsah teplot - 5 až - 15 °C. Mohou být zapnuta v automatickém režimu, kdy podle nastavené vnitřní teploty samo zařízení vyhodnotí, jestli bude chladit nebo pracovat jako tepelné čerpadlo [6].

MultiSplit, VRF a VRV-systémy

Jedná se o systém řízený vlastním počítačem. Jsou to split systémy s tím rozdílem, že na jednu venkovní jednotku může být připojeno více jednotlivě pracujících vnitřních jednotek (až 32). Nejlepší varianty tohoto zařízení umožní přenášet teplo z místnosti kde je ho více než je potřeba, do místnosti, kde je ho málo. Systém umožňuje to, že některé vnitřní jednotky mohou chladit a druhé topit [6].

Chladicí stropy

Tato moderní technologie chlazení spočívá v ochlazení povrchu stropu na požadovanou teplotu a poté dochází k chlazení místnosti převážně sáláním. Jedná se o vodní systém. Podíly sálavé a konvekční složky jsou dány především prouděním vzduchu. Rozdíl teplot mezi stropem a ostatními povrchy v místnosti také ovlivňuje podíl sálavé a konvekční složky. Chladicí stropy umožňují také vytápění [6].

Rozdělují se na otevřené a uzavřené. Otevřené stropy obsahují mezery, jimiž může vzduch proudit až ke stropu a je zde větší podíl konvekční složky. U uzavřených naopak převyšuje sálavá složka. Otevřené mají zhruba o 10 % vyšší výkon [6].

Nízká hlučnost a nevznikající průvan jsou výhodami těchto systémů. Další výhodou jsou chladné povrchy, které vznikají díky sálavé složce. Nevýhodou jsou náklady, možnost orosení povrchu zařízení (stropu) a nemožnost odvodu vlhkosti z místnosti. Kvůli možnosti vzniku orosení se teplota vody musí volit tak, aby byla vyšší než teplota rosného bodu vnitřního vzduchu, obvykle je to 16-20 °C [6].

Fan-Coil

Základem těchto jednotek je vodní ohřívač nebo chladič vzduchu a ventilátor obsahující filtr. Chladicí jednotka slouží k výrobě chladicí vody. Fan-coily jsou umístěny přímo v chlazených místnostech a je k nim přiváděna chladicí voda z chladicí jednotky. Mohou fungovat pro vytápění i chlazení, protože k nim lze připojit dva výměníky, jeden jako chladič a druhý jako ohřívač. Mohou se umísťovat například do podhledu nebo do potrubí. Do podhledu se umísťují kazetové jednotky a kanálové do potrubí. Lze jimi také větrat. [5], [6],

Chladič

Další možností, jak chladit vzduch v místnosti je ta, že se do rozvodu vzduchotechnického potrubí zařadí chladič, který vychladí přiváděný (venkovní) vzduch a ten je poté vzduchovody

distribuván do jednotlivých místností. Nevýhoda tohoto systému spočívá v tom, že do všech místností bude proudit stejně upravený vzduch. Výhodou je nižší pořizovací cena chladiče, než jakékoliv jiné chladicí (klimatizační) jednotky. Příklad takového chladiče lze zhlédnout na obrázku 2.8. Jedná se o freonový chladič MKF. K chladiči je nutné zakoupit také kondenzační jednotku obsahující kompresor a ventilátor [7].



Obr. 2.2 Chladič [7]

2.6 Součásti větracích a klimatizačních zařízení

2.6.1 Ventilátory

Toto zařízení slouží k dopravě vzduchu do požadovaného místa. Jedná se o lopatkové rotační stroje. Nejvyšší možný poměr tlaků na sání a na výtlaku je 1,1 v jednom stupni [1], [8].

Dělí se na:

- Radiální
- Axiální
- Diagonální
- Diametrální

Dále podle velikosti celkového tlaku se dělí na:

- Rovnotlaké
- Nízkotlaké (do 1 kPa)
- Středotlaké (maximálně 3 kPa)
- Vysokotlaké (více než 3 kPa)

Rozdíl tlaků na sání a výtlaku udává celkový tlak ventilátoru. Objemovým průtokem vzduchu, který projde ventilátorem (výtlakným hrdlem), je dán průtok ventilátoru. Poměrem teoretického výkonu ku potřebnému příkonu se vypočítá celková účinnost ventilátoru [1], [4].

$$\Delta p_c = p_{c2} - p_{c1} \quad (2.1)$$

kde:

$$p_{c1} = p_{d1} + p_{s1} \quad (2.2)$$

$$p_{c2} = p_{d2} + p_{s2} \quad (2.3)$$

$$\eta_c = \frac{P_t}{P} \quad (2.4)$$

$$P_t = \frac{\dot{V} \cdot \Delta p_c}{1000} \quad (2.5)$$

$$P = \frac{\dot{V} \cdot \Delta p_c}{1000 \cdot \eta_c} \quad (2.6)$$

kde:

Δp_c	[Pa]	celkový tlak ventilátoru
p_{c1}, p_{c2}	[Pa]	celkový tlak v sacím a výtlačném hrdle
p_{d1}, p_{d2}	[Pa]	dynamické tlaky v sacím a výtlačném hrdle
p_{s1}, p_{s2}	[Pa]	statické tlaky v sacím a výtlačném hrdle
η_c	[-]	účinnost
P_t	[W]	teoretický výkon
P	[W]	potřebný příkon
\dot{V}	[m ³ /s]	objemový průtok

Křivky, které zobrazují závislost tlaku, výkonu, nebo účinnosti na průtoku, se nazývají charakteristiky ventilátoru (tlaková charakteristika, výkonová charakteristika, charakteristika účinnosti). Pracovní bod je takový, při jehož podmínkách pracuje daný ventilátor připojený k síti. Určuje se z tlakové charakteristiky a z charakteristiky sítě, jedná se o jejich průsečík. Pro charakteristiku sítě platí: je to závislost přetlaku ku průtoku, je přibližně parabolická a vyjadřuje se vzorcem [1], [3], [9]:

$$\Delta p = C \cdot \dot{V}^2 \quad (2.7)$$

kde:

C	[-]	konstanta dané sítě
-----	-----	---------------------

Pro porovnávání ventilátorů slouží bezrozměrná čísla:

$$\psi = \frac{\Delta p_c}{\rho \cdot \frac{u_2^2}{2}} \quad (2.8)$$

$$\varphi = \frac{\dot{V}}{\pi \cdot d_2^2 \cdot \frac{u_2}{4}} \quad (2.9)$$

$$\lambda = \frac{\varphi \cdot \psi}{\mu_c} \quad (2.10)$$

kde:

u_2	[m/s]	obvodová rychlost
d_2	[m]	průměr oběžného kola
ψ	[-]	tlakové číslo
φ	[-]	průtokové číslo
λ	[-]	výkonové číslo

Hlavními a největšími zdroji hluku ve větracích i klimatizačních zařízeních jsou právě ventilátory, jejich hluk způsobují ložiska a také vzduch o vysoké rychlosti proudící skrze ventilátorové kolo [1], [3].

Pro změnu (regulaci) průtoku přiváděného vzduchu se používá škrcení, natáčení naváděcích lopatek (u axiálních ventilátorů natáčením lopatek oběžného kola), změna počtu otáček, anebo přerušování chodu [1].

Ventilátor se volí hlavně podle požadavků na dopravní tlak a průtok vzduchu.

Pokud se požaduje větší průtok při daném tlaku, než je schopen zvládnout jeden ventilátor, řadí se ventilátory vedle sebe (paralelně). Při požadavku na větší dopravní tlak při daném průtoku se ventilátory řadí za sebou (sériově) [1], [3], [4].

2.6.2 Ohříváče a chladiče vzduchu

Jedná se o rekuperační výměníky a lze je rozdělit do dvou skupin:

- Výměníky z hladkých trubek
- Žebrované výměníky (zvětšený povrch na straně vzduchu)

Deskové výměníky a elektrické odporové ohříváče sem patří také [1].

Výměníky z hladkých trubek

Použití těchto výměníků je jen velmi malé. Používají se při zvětšeném riziku zamrznání nebo v případě, kdy by došlo k ucpání běžného výměníku vlivem většího množství částic ve vzduchu. Trubky jsou kruhové. Výhodnější jsou však trubky rozválcované oválné, protože se zmenší průřez na straně vody, tím se zvýší rychlost průtoku a také klesají odpory na straně vzduchu. Je potřeba dodržet minimální rychlost proudění 0,7 m/s, a to ve všech místech výměníku. Zabrání se tak zamrznutí. Při výpočtech obvykle vychází velký počet řad trubek, neboť je potřeba teplotu zvýšit o 15 až 20 K [1].

Žebrované výměníky

Žebrování se používá pro zvětšení teplosměnné plochy, a to na straně, na níž je menší přestup tepla. Lamelové výměníky jsou nejčastěji používané pro větrání a klimatizace. Lamely o tloušťce 0,08 až 0,25 mm se navlékají na tenkostěnnou měděnou trubku. Někdy se používá i ocelová trubka, ta má však oproti měděné menší tepelnou vodivost asi o 20 až 25 %. Pro potřeby ohřevu vzduchu slouží jako nositel tepla voda. Používá se teplá (teplotní spád 95 (90)/70 °C) nebo horká voda (110 až 150/70 °C). V průmyslových halách může být použita pára [1], [4].

Teplotní spády pro nepřímé chlazení vodou jsou obvykle 4/9 °C nebo 5/12 °C. Chladicí roztoky, s nižší teplotou tuhnutí, než má voda, se používají za předpokladu, že hrozí nebezpečí zamrznutí vody. Při snižování teploty vody dochází k poklesu účinnosti, k nárůstu ztrát (tlakových i tepelných) a ke kondenzaci par v chladičích. Z těchto důvodů a také kvůli ochraně před zamrznutím se používají vyšší teploty chladicí vody, nevýhodou jsou však větší rozměry chladičů [1].

Výparníky s použitím chladiva se používají pro přímé chlazení [1].

2.6.3 Zařízení pro zvlhčování vzduchu

Slouží k zajištění tepelné pohody, tedy optimální relativní vlhkosti vzduchu. Také se provádí z technologických důvodů. Může se tím také ochlazovat vzduch (adiabaticky), zachycovat částčky prachu nebo absorbovat prach [1].

Po vlhčení se někdy ještě používá dovlhčování, to se však děje až za větracím, příp. klimatizačním zařízením. Dovlhčování se uskutečňuje přímým rozprašováním vody do vzduchu. Může se dovlhčovat ještě ve vzduchovodu, za výustkami nebo přímo v klimatizovaném prostoru [1].

Zvlhčovací zařízení lze podle konstrukčního provedení dělit do těchto kategorií [1]:

- Pračky vzduchu (kapkové, blánové, náplňové)
- Odpařovací zvlhčovače
- Zvlhčovače s rotujícími kotouči
- Zvlhčovací zařízení pneumatická
- Zvlhčovací zařízení parní

Sprchová pračka vzduchu

Zařízení, ve kterém se částečně odpařuje voda, která je přes trysky rozprašována do vzduchu. Voda, která se nestihne odpařit se do vzduchu rozprašuje znova. Odpaří se obvykle 0,6 až 2 %. Dnes jsou pračky jen výjimečně zděné, mnohem častější jsou pračky plechové. Mezi jejich přednosti patří adiabatické ochlazení vzduchu, zachycení prachu a pachu. Mají však také spoustu nedostatků: obíhající voda je vhodná pro celou řadu mikroorganismů zachycených ze vzduchu, náročná údržba a čištění, malá provozní účinnost, velké rozměry i cena. Běžné délky praček jsou 1 až 3 m, záleží na požadavcích. V dnešní době jsou hlavně součástí sestavných klimatizačních zařízení [1].

Vložková pračka

V porovnání se sprchovými pračkami mají menší rozměry a jsou méně energeticky náročné na cirkulaci vody. Vlastnosti mají podobné se sprchovými pračkami a změnou průtoky vody je lze regulovat. Mají menší intenzitu sprchování. Rovný nebo členitý povrch smáčený vodou tvoří teplosměnnou plochu. Pro blánové pračky je povrch tvořen deskami z impregnovaného papíru. Vložkové pračky mají povrch ze skelných vláken, tyčí, kroužků apod [1].

Zvlhčovací zařízení s rotujícími kotouči

Princip tohoto zařízení spočívá v tom, že je voda přiváděna beztlakově na rotující kotouč. Snahou je dosáhnout co nejmenších kapiček, proto se obvod kotouče různě upravuje. Pokud jsou tam nějaké větší kapky, tak se zachycují ve žlábků okolo kotouče. Tato zařízení se mohou používat přímo v klimatizovaném prostoru, neboť malé kapičky unášené vzduchem se hned odpařují. Používá se jako dovlhčovací zařízení ve vzduchovodu nebo v klimatizovaném prostoru. Poměrně malá spotřeba energie na odpaření 1 kg vody [1].

Pneumatické zvlhčovací zařízení

Z pneumatických trysek, které jsou hlavním prvkem, vytéká vzduch s přetlakem 30 až 70 kPa a díky vysoké rychlosti přisává vodu (ejekční účinek), ta se rozprašuje na malé kapky. Regulace je možná více způsoby, škrcením vody, změnou tlaku vzduchu nebo přerušením provozu. Tato zařízení jsou poměrně levná a také jsou spolehlivá, jsou však provozně dražší než zařízení s rotujícími kotouči [1].

Zvlhčovací zařízení parní

Dobře regulovatelné zařízení s hygienickým provozem, využívá se hlavně díky tomu. Z centrálního zdroje je pára přiváděna pro větší zařízení, pro menší se vyrábí přímo v klimatizačním zařízení [1].

Při výběru zvlhčovacího zařízení je v tomto případě nutné uvážit to, že se jedná v podstatě o elektrické vytápění, a proto je provoz elektrických parních generátorů drahý [1].

2.6.4 Filtry atmosférického vzduchu

Vzduchové filtry ve vzduchotechnických a klimatizačních zařízení slouží především k zachycování škodlivých příměsí z venkovního, popřípadě oběhového vzduchu. Kvalita vzduchu se ve většině případů zhoršuje, hlavně ve velkých a průmyslových městech, a tak jsou filtry velmi důležitou součástí vzduchotechnických zařízení a neměly by se brát na lehkou váhu. Znečištěný vzduch může způsobovat zdravotní komplikace a také působí škody v hospodářství. Rozsah velikosti zachycovaných částic ve filtru je zhruba 0,01 až 100 μm . Částice, které se vyskytují v proudu vzduchu, se pohybují po drahách, které se dají jen velmi složitě popsat [1], [4].

Na jejich zachycení se podílí velké množství činitelů např. impakce – působení setrvačných sil, adheze, sedimentace atd.

Pro určení kvality filtrů slouží tyto činitele:

- Tlaková ztráta – udávána výrobcem v nezaneseném stavu
- Jímavost – množství prachu, jež může být filtrem zachyceno bez ovlivnění filtrační schopnosti a zhoršení tlakové ztráty nad danou mez
- Životnost – doba za kterou dojde k dosažení maximální přípustné hodnoty tlakové ztráty (zanese se)
- Celková odlučivost (účinnost) – poměr toho co je zachyceno ku tomu co je přivedeno za určitou dobu
- Průnik – poměr toho co je přivedeno ku tomu co projde za určitou dobu, převrácenou hodnotou průniku je dekontaminační faktor
- Mechanická, chemická, tepelná odolnost, čistitelnost

Základní dělení filtrů je na prachové a aerosolové. Dále se prachové filtry dají dělit na filtry pro hrubou, střední a jemnou filtraci. Ty se vyrábějí buď vložkové nebo pásové. U aerosolových filtrů se vyrábí jen varianta vložkových filtrů [1], [4].

U filtrů pro hrubou filtraci je maximální odlučitelnost do 75 %, u středních je odlučitelnost mezi 75 až 95 % a u jemných filtrů je odlučitelnost vyšší než 95 %. Aerosolové filtry mají průnik zkušebního aerosolu pod 15 %. Jejich využití je většinou tam, kde je požadováno zachycení i těch nejjemnějších nečistot. Jsou využity jako druhý či třetí filtrační stupeň. Existují také filtry proti zápachu, které využívají adsorpci, nejčastěji pomocí aktivního uhlí. Adsorpce může být chemická nebo fyzikální [1], [4].

2.6.5 Vzduchovody a jeho součásti

Vzduchovody se může vzduch přivádět nebo odvádět z větraných či klimatizovaných prostor. Navržení vzduchovodů je velmi důležité, neboť pokud je ideálně navrženo větrání místností, ale je špatně navržena síť vzduchovodů, rapidně klesá účinnost větrání a klimatizování daných prostor. Vzduchovody a jejich součásti jsou významnou položkou v investici. Jsou také důležitou položkou v provozních nákladech, hlavně při překonávání tlakových ztrát, jež vznikají během dopravy vzduchu do daného prostoru [1], [4], [9].

Vzduchovody se vyrábějí buď čtyřhranné (čtvercové, obdélníkové) nebo kruhové. Kruhové potrubí je výhodnější z rozměrového hlediska, tlakových ztrát, ceny montáže, méně

se zanášejí a vytváří menší hluk. Díky tomu se užívá pro větrání a klimatizování při vyšších rychlostech vzduchu. Výhodou čtyřhranného potrubí je to, že se dokáže lépe přizpůsobit stavbě [1], [4], [9].

Vzduchovody se mohou vyrábět buď plechové, nebo mohou být zděné přímo ve stavbě a v dnešní době se více a více začínají rozvíjet flexibilní potrubí, které ke změně směru nepotřebují tvarovky a dají se jednoduše ohnout do potřebného směru. Takové potrubí může být buď plastové nebo z hliníku. Na obr. 2.3 je vyobrazeno plastové (ED Flex) i hliníkové (SEMIFLEX) potrubí. Na tomto obrázku je také EPP potrubí pro přívod čerstvého a odvod znečištěného vzduchu.

V případě plechových vzduchovodů se na zvýšení korozní odolnosti používají antikorozní nátěry.

Kromě přímých částí se v síti vzduchovodů používají také různé tvarové kusy nebo – li tvarovky, obr. 2.4 [7].



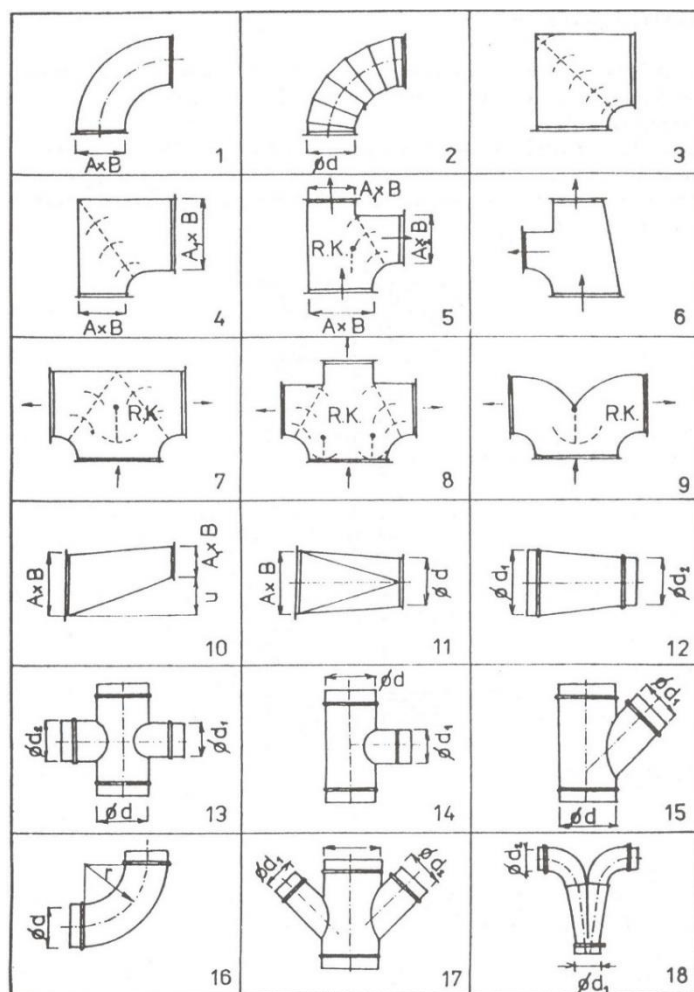
Obr. 2.3 Plastové a hliníkové potrubí [7]

Tvarové kusy se používají pro dosažení potřebné změny rychlosti a směru proudícího vzduchu. Také jsou používány pro spojování nebo rozdělování proudů vzduchu. Při výpočtu vzduchovodů se podle daných rozměrů každé tvarovky určuje koeficient místního odporu ξ . Kolena a oblouky, které mají vyšší místní odpor mohou být vybaveny vodícími plechy nebo lopatkami. V místě, kde je přechod mezi dvěma rozměry vzduchovodů, se používá přechodový kus [1], [4].

Rozvětvení vzduchotechnické sítě se může provádět pomocí kalhotových kusů viz obr. 2.5 b) nebo pomocí rozdělovacích boxů, obr. 2.5 a). A pro přivedení více rozvodů k jedné výustce se používají připojovací boxy viz obr. 2.5 c).

Spojování jednotlivých dílů je prováděno pomocí přírub. Spoje jsou důležité, aby se zajistila dostatečná těsnost vzduchovodů.

Izolace vzduchovodů je velice důležitá, protože by vznikala velká tepelná ztráta (tepelný zisk). Je také důležitá, neboť může docházet ke kondenzaci vlhkosti na povrchu vzduchovodů.



Obr. 2.4 tvarové kusy vzduchovodů (1 oblouk, 2 oblouk pro kruhové potrubí, 3 ostré koleno, 4 přechodové koleno, 5, 6 odbočky, 7-9 rozbočky, 10 odskok s přechodem, 11 přechod čtyřhranného průřezu na kruhový, 12 přechod, 13 rozbočka 90°, 14 odbočka 90°, 15 odbočka 45°, 16 oblouk, 17 rozbočka 2x 45°, 18 rozbočka s obloukem) [4]



a)



b)



c)

Obr. 2.5 Rozdělovací a připojovací kusy [7]

2.6.6 Koncové prvky

Výustky jsou velmi důležitou součástí celého větracího a klimatizačního zařízení. Správná funkce je závislá na dimenzování, návrhu a vyrobení koncových prvků. Od nich se odvíjí to, jak bude vzduch do místnosti přiváděn, anebo z místnosti odváděn. Mohou se umísťovat buď do stropu, stěny, podlahy, parapetu, volně do prostoru. Určují obraz proudění a tepelnou pohodu v místnosti. Musí se umísťovat tak, aby nedocházelo k obtěžování průvanem. U výustek, které slouží k přívodu vzduchu, by měla být možnost regulace průtoku a úpravy konstanty výustky nezávisle na sobě. Pro výustky k odvodu vzduchu nemá zařízení na úpravu konstanty výustky žádné využití [1], [4], [9].

Jako stěnové výustky se nejčastěji používají mřížky a mřížkové šterbiny. Mřížky mohou být jedno nebo dvouřadé, s pevnými nebo nastavitelnými lamelami, podlahové se zvýšenou nosností [1].

Anemostaty, šterbiny, děrované panely a děrované stropy, speciální anemostaty pro přívod i odvod vzduchu a speciální anemostaty s rotací vstupujícího vzduchu se používají jako stropní výustky [1].

Trysky jsou speciální skupinou, která se používá buď jednotlivě nebo ve skupině a v kombinaci s mřížkami, děrovanými panely [1].

Také se používají velkoplošné výustky.

Jednoduchými otvory, které mohou být překryty sítkou nebo pevnou mřížkou, se vzduch odvádí z prostoru. V kuchyni se výustky doplňují o lapače tuku.

Dalším druhem výustek jsou ventily. Jsou přívodní i odvodní a také univerzální. Snadno se regulují díky posuvnému středovému elementu. Na obrázku 2.5 je příklad odvodního ventilu VEF 100. Mohou být buď plastové, nebo kovové [1].



Obr. 2.6 VEF 100 [7]

Jako regulační prvek lze použít škrticí klapku viz obr. 2.7 a). Pro větrání lze také využít zónové větrání pomocí trojcestného ventilu nebo směšovací klapky, kdy se objekt rozdělí na denní a noční zónu a větrá se právě tam, kde je potřeba. Klapka je na obrázku 2.7 b).



a)



b)

Obr. 2.7 Regulační prvky [7]

3 Analýza objektu

Zadaný objekt je jednopodlažní novostavba rodinného domu. Nachází se v obci Dolní Bojanovice na Jižní Moravě.

Půdorys domu je navržen ve tvaru písmene L s celkovými rozměry $19,53 \times 11,00$ m. Zastavěná plocha objektu je $155,98 \text{ m}^2$. Hlavní vchod domu je orientován na JV. Vstup do domu je přes zádveří do chodby. Na levé straně se nachází jeden pokoj, koupelna, WC a technická místnost. Naproti zádveří (přímý směr) se nachází kuchyně s jídelnou a obývacím pokojem a za nimi je ještě ložnice a šatna. Po pravé straně chodby se nachází dva pokoje, jeden dětský a jeden pro návštěvy. Na této straně se také nachází vstup na dvůr.

Okna jsou orientována na JV, SZ a SV. V domě je 12 místností, půdorys domu je zobrazen na obrázku 3.1 a tabulka 3.1 uvádí seznam místností se základními parametry

Tab. 3.1 Tabulka místností

Ozn.	Název místnosti	Plocha [m ²]	Objem [m ³]	Výpočtová vnitřní teplota [°C]	Povrch podlahy
1.01	Zádveří	3,96	11,09	26	Keramická dlažba
1.02	Pokoj	11,11	31,11	26	Plovoucí podlaha
1.03	Pokoj	11,54	32,31	26	Plovoucí podlaha
1.04	Pokoj	11,40	31,92	26	Plovoucí podlaha
1.05	Chodba	8,44	23,63	26	Keramická dlažba
1.06	Obývací pokoj	25,70	71,96	26	Keramická dlažba
1.07	Kuchyň + jídelna	17,15	48,02	26	Keramická dlažba
1.08	Ložnice	12,00	33,60	26	Plovoucí podlaha
1.09	Šatna	4,73	13,24	26	Plovoucí podlaha
1.10	Koupelna	7,83	21,92	26	Keramická dlažba
1.11	WC	1,44	4,03	26	Keramická dlažba
1.12	Technická místnost	7,53	21,08	26	Keramická dlažba

Konstrukce domu je tvořena obvodovými a vnitřními nosnými zdmi, a také vnitřními příčkami. Na nosných a obvodových zdech je upevněna nosná konstrukce střechy. Ta je kombinací sedlové a pultové.

Obvodové nosné zdivo je z pórobetonových tvárnic Ytong Lambda YQ tloušťky 450 mm. Vnitřní nosné zdivo je z pórobetonových tvárnic Ytong P3-450 tloušťky 300 mm a příčky jsou z pórobetonových příčkovek Ytong P2-500 o tloušťkách 150 a 100 mm. Vnější i vnitřní omítka je tepelně izolační o tloušťce 6 mm.

Skladba podlahy je z hutněného šterkopískového podsypu o tloušťce 100 mm, na něm je betonová deska, kterou tvoří beton C16/20 tloušťky 100 mm, tento beton je vyztužen svařovanými sítěmi. Na betonové desce je izolace proti vodě a zemní vlhkosti (Fatrafol 803), následuje tepelná izolace (Polystyren Styrotherm Plus 100) tloušťky 120 mm, dále betonová mazanina tloušťky 60 mm a úplně nahoře je podlahový povrch, ten je pro jednotlivé místnosti uveden v tabulce 3.1.

Strop sestává z betonové mazaniny tloušťky 50 mm, tepelné izolace (Polystyren Styrotherm Plus 100) tloušťky 120 mm, betonové mazaniny tloušťky 60 mm, stropních keramických vložek Miako tloušťky 190 mm a omítky.

Vlastnosti jednotlivých materiálů se nachází v tabulce 3.2.

Tab. 3.2 Vlastnosti materiálů

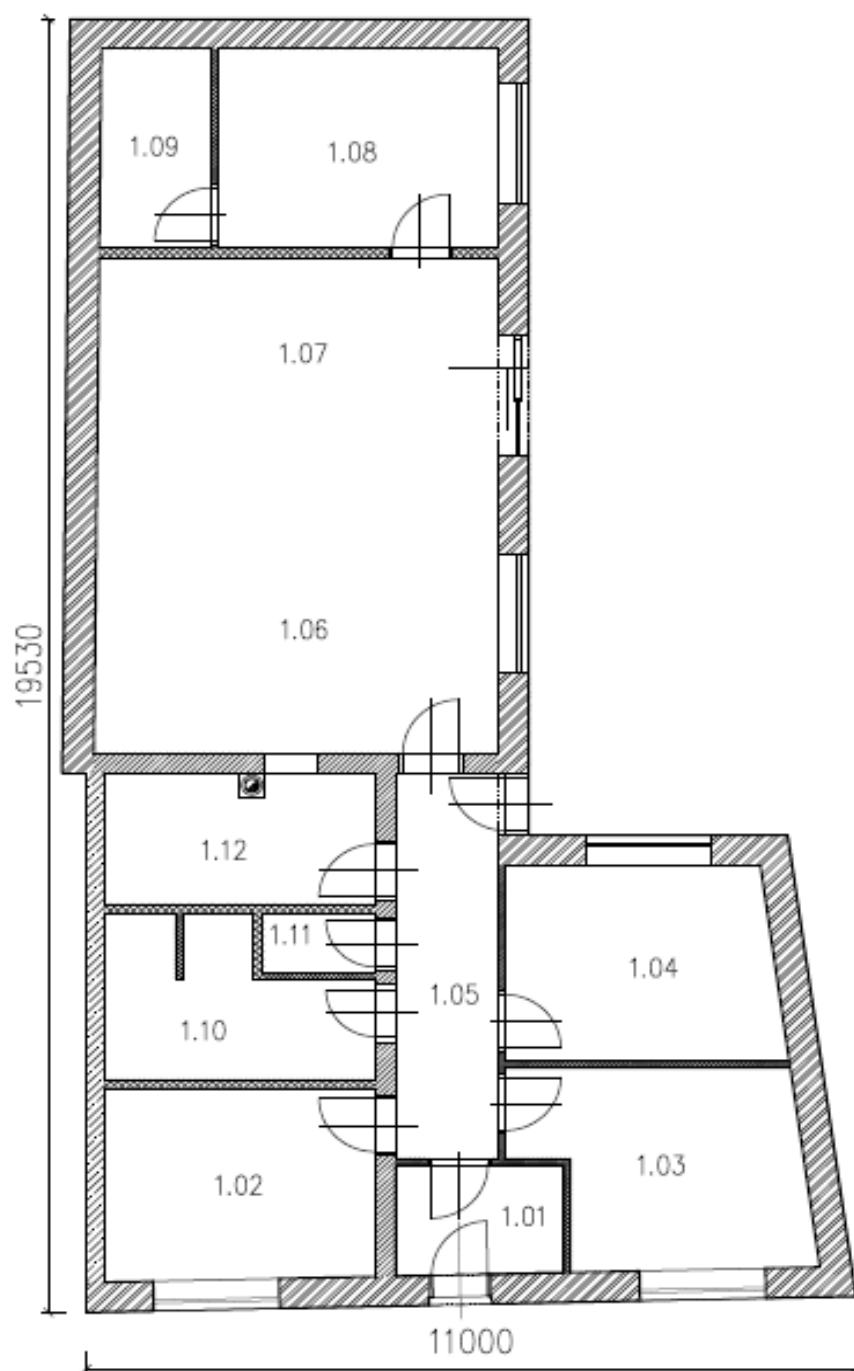
Č. materiálu	Popis	λ [W/m·K]	Zdroj
1	YTONG Lambda YQ	0,083	[10]
2	YTONG P3-450	0,116	[10]
3	YTONG P2-500	0,137	[10]
4	Tepelně izolační omítka	0,130	[10]
5	Štěrkopísek	0,940	[11]
6	Beton C16/20	1,430	[12]
7	Fatrafol 803	0,145	[13]
8	Polystyren Styrotherm Plus 100	0,031	[14]
9	Betonová mazanina	1,300	[11]
10	Keramické vložky Miako	0,309	[15]
11	Keramická dlažba	1,030	[16]
12	Plovoucí podlaha	0,140	[11]

kde:

λ

[W/m·K]

součinitel tepelné vodivosti



Obr. 3.1 Pūdorys domu

4 Větrací jednotky s rekuperací

V dnešní době, kdy se staví především nízkoenergetické až pasivní domy, které jsou dobře zaizolované a utěsněné, je problém především s nedostatečným větráním a vysokou vlhkostí v interiéru. Tomu předchází větrací jednotky s rekuperací tepla, popřípadě i se zpětným získáváním vlhkosti.

Pro větrání rodinných domů existuje široká škála větracích rekuperačních jednotek. V tab. 6.1 je porovnání několika vybraných jednotek. Byly vybrány jednotky, které jsou certifikované, tudíž se museli podrobit určitým srovnávacím zkouškám. Všechny srovnávané větrací jednotky jsou srovnávány podle certifikátu od Passive House Institute, pouze jednotka Ventbox 300 Standard má certifikát od Centrumu stavebního inženýrství a.s. Všechny jednotky mají rekuperaci a EC ventilátory. Každá jednotka má odlišnou základní výbavu.

Tab. 4.1 Porovnání vybraných větracích jednotek

Název [-]	Typ [-]	\dot{V}_{max} [m ³ /h]	η [%]	L_{wa} [dB(A)]	Výměník [-]	Cena bez DPH [Kč]
Atrea Duplex Easy 300	Podstropní, parapetní	300	88	59,9	Deskový	36 179
Brink Renovent Sky 300	Podstropní, parapetní	300	85	47,8	Deskový	61 000
Jablotron Futura 250	Parapetní	250	91	60,5	Entalpický	73 000
Ventbox 300 Standard	Parapetní	300	85	56,7	Deskový	65 900
Wafe 350	Parapetní	350	89	55,3	Entalpický	74 000
Zehnder ComfoAir Q350 TR	Parapetní	350	84	52	Deskový	69 695

kde:

\dot{V}_{max} [m³/h] maximální objemový průtok
 L_{wa} [dB(A)] hladina akustického výkonu zařízení měřená s filtrem A

Pro návrh větrání a krátký popis zařízení byly vybrány pouze výrobky od českých firem. Jsou to Futura 250 od firmy Jablotron, Wafe 350 EFS od firmy Wafe a Ventbox 300 Standard od ThermWet.

4.1 Jablotron Futura

Tato jednotka od české firmy Jablotron má na trhu dvě varianty svého modelu Futura. První varianta je M s maximálním průtokem vzduchu 250 m³/h a druhá varianta je L s maximálním průtokem 350 m³/h. Jednotka Futura je na obrázku 4.1 [17].

Tento výrobek umožňuje zpětné získávání tepla i vlhkosti. To je možné díky entalpickému výměníku. Jde o deskový výměník s přepínáním mezi dvěma stavy. V prvním stavu se na straně odváděného vzduchu tvoří vrstva kondenzátu, která se u klasických rekuperačních výměníků musí odvést. Při dostatečné naakumulované vrstvě kondenzátu přepne entalpický výměník do stavu dva, kdy strana pro odvod vzduchu je nyní přívodní a strana pro přívod se přemění na odvodní. Tudíž se naakumulovaný kondenzát využije na vlhčení přiváděného vzduchu. A tak se to děje pořád dokola. Výměník může pracovat i při nízkých teplotách až do -19 °C bez použití přehřevu [17].

V základní výbavě této jednotky se nachází pětiletá záruka, pylové filtry F7, senzor CO₂, přídatné topení a také správa a ovládání pomocí mobilní aplikace. Jako nadstandardní příslušenství je možno dokoupit až 3 nástěnné ovladače, maximální možný počet senzorů CO₂ je 8. Dále lze zakoupit Coolbreeze, který složí k eliminaci tepelných zisků z větracího vzduchu [17].

Jedná se o chytrou jednotku, která si umí říct o výměnu filtrů nebo o potřebu servisu. Zvládá také zónové větrání, tudíž větrá tam, kde je zrovna potřeba [17].

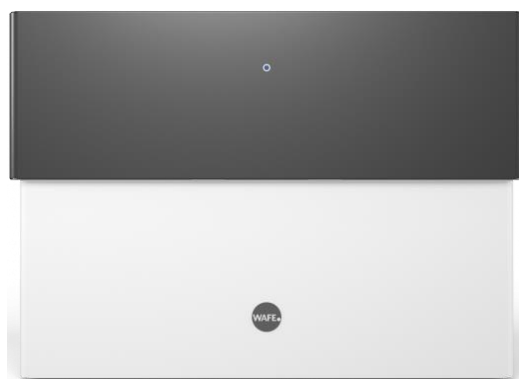


Obr. 4.1 Jablotron Futura [17]

4.2 Wafe 350 EFS

Česká firma Wafe má ve svém portfoliu více větracích jednotek, ale pouze Wafe 350 EFS (viz obr. 4.2) prošla přes certifikaci Passive House Institute.

Tato jednotka má stejně jako předchozí jednotka entalpický výměník, a tudíž slouží nejenom k zpětnému získávání tepla, ale i vlhkosti. Připojovací hrdla jednotky jsou na horní straně a na dolní straně je integrován odvod kondenzátu. Není třeba používat přehřev, nejnižší pracovní teplota je -30°C. Obsahuje by-pass. Výrobce uvádí účinnost zpětného získávání tepla až 97 %, dle certifikátu Passive House Institute je tato účinnost 89 %. Základním příslušenstvím jsou filtry na přívodu i odvodu vzduchu třídy M5 [18].



Obr. 4.2 Wafe 350 EFS [18]

4.3 Ventbox 300 Standard

Další česká firma na trhu nabízí větrací jednotku Ventbox ve dvou řadách. První je Ventbox 300 (viz obr. 4.3) a druhá Ventbox 400. Tyto dvě řady se liší v maximálním průtoku, kterým

je číslovka v názvu řady a je v m³/h. Dále jsou obě řady rozděleny podle vybavení do kategorie Basic, Standard, Professional [19].

Jednotka má napojovací hrdla v horní části a na spodní části je zajištěn odvod kondenzátu a elektrické připojení. Pracuje s úspornými EC ventilátory. Obsahuje protiproudý deskový výměník s minimální účinností 85 %. K této jednotce je možnost dokoupení vlhkostního výměníku, který sníží tepelnou účinnost asi o 5 % a účinnost zpětného získávání vlhkosti je zhruba 75 %. Do základní výbavy výměníku patří také elektrický předehřev, který je účinný až do -20 °C. Základními filtry jsou filtry M5 a lze přikoupit filtry F7 nebo filtr pro eliminaci zápachu. Obsahuje také jako obě předchozí jednotky by-pass, který funguje zcela automaticky [19].



Obr. 4.3 Větrací jednotka Ventbox 300 Standard [19]

5 Volba větracích jednotek a trasy vzduchovodů

Návrh nuceného větrání je prováděn pro novostavbu rodinného domu v Dolních Bojanovicích. Rodinný dům bude obývat čtyřčlenná rodina (2 dospělí a 2 děti) a má 12 místností. Z těchto místností nebude navrženo větrání pro dvě místnosti, chodbu a zádveří. Chodba nebude větrána z toho důvodu, protože je obklopena šesti větranými místnostmi, z nichž do tří je vzduch přiváděn a ze tří je vzduch odváděn, tudíž se předpokládá, že chodba bude dostatečně vyvětrána prouděním vzduchu mezi místnostmi. Zádveří je propojeno s chodbou a dveřmi s venkovním prostorem, tudíž se předpokládá dostatečné vyvětrání ať už při otevření dveří, nebo stejným způsobem jako bude vyvětrána chodba. Zjednodušené schéma domu zobrazuje obr. 3.1. Základní parametry místností tohoto domu jsou uvedeny výše v tabulce 3.1.

Při návrhu větrací jednotky a trasy vzduchovodů je nejprve nutné si určit potřebné množství větracího vzduchu v jednotlivých místnostech. Čerstvý vzduch se bude přivádět do všech tří pokojů, do ložnice, obývacího pokoje a do kuchyně. Naopak znečištěný se bude odvádět z koupelny, záchodu, technické místnosti, z kuchyně a také ze šatny, protože se jedná o koncovou místnost v domě a je potřeba zajistit nucené větrání i v této místnosti. Pokud by se z šatny vzduch neodsával, tak všechny vzduch, který je přiváděn do ložnice by proudil do kuchyně, v níž je nucené odsávání a v šatně by zůstal zkažený vzduch.

Aby byl zajištěn dostatečný komfort lidí v domě a docházelo ke kvalitní výměně vzduchu, tak se při určování množství vzduchu pro jednotlivé místnosti vychází z normy. Ta obsahuje minimální a doporučené hodnoty pro dostatečné vyvětrání viz tab. 5.1.

Tab. 5.1 Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15665/Z1/2011 [20]

Požadavek	Trvalé větrání (průtok venkovního vzduchu)		Nárazové větrání (průtok odsávaného vzduchu)		
	Intenzita větrání	Dávka venkovního vzduchu na osobu	Kuchyně	Koupelny	WC
	[h ⁻¹]	[m ³ /h]	[m ³ /h]	[m ³ /h]	[m ³ /h]
Minimální hodnota	0,3	15	100	50	25
Doporučená hodnota	0,5	25	150	90	50

V pokojích a v ložnici je předpoklad, že se bude vyskytovat jeden až dva lidé, proto je potřeba dosáhnout alespoň doporučené dávky na počet lidí v místnosti. Rodina je čtyřčlenná a s tímto počtem lidí se musí počítat při návrhu množství přiváděného vzduchu do obývacího pokoje. Ten je propojen s kuchyní, která bude sloužit také jako jídelna, a tak je důležité zajistit přívod vzduchu i do kuchyně, protože do obývacího pokoje bude přiváděn vzduch s ohledem na doporučenou dávku na osobu a pokud by se nepřiváděl vzduch do kuchyně s jídelnou, tak by vyvětrání v této spojené místnosti nebylo dostatečné.

Protože se technická místnost a šatna budou využívat asi nejméně ze všech místností, tak je pro ně navrženo nejmenší větrání, které však musí být zajištěno. Odvod z kuchyně, koupelny a WC bude záviset na maximálním průtoku větrací jednotky a snahou bude přiblížit se co nejvíce doporučeným hodnotám.

Předběžný návrh, který bude dále upraven podle možností jednotky, je v tab. 5.2.

Z tab. 5.2 vyplývá, že větrací jednotka pro tento dům bude muset mít maximální průtok nejméně 300 m³/h. Pokud takového průtoku nedosáhne, bude potřeba navrhnout kvalitní regulaci, aby se dosáhlo požadavků na kvalitu vzduchu ve vnitřních prostorách domu.

Výhodou domu je technická místnost, do níž bude umístěna větrací jednotka.

Tab. 5.2 Základní návrh množství vzduchu k větrání

Místnost	Dávka venkovního vzduchu na osobu [m ³ /h]	Počet osob [-]	Průtok čerstvého vzduchu [m ³ /h]	Průtok odpadního vzduchu [m ³ /h]
Zádveří	-	-	-	-
Pokoj	25	1	25	-
Pokoj	25	1	25	-
Pokoj	25	2	50	-
Chodba	-	-	-	-
Obývací pokoj	25	4	100	-
Kuchyň+jídelna	-	-	50	130
Ložnice	25	2	50	-
Šatna	-	-	-	15
Koupelna	-	-	-	90
WC	-	-	-	50
Technická místnost	-	-	-	15
CELKEM	-	-	300	300

Další část práce se zabývá podrobnějším rozbořem tří variant větrání s odlišnými jednotkami a s odlišnými trasami a materiálem vzduchovodů.

5.1 Jablotron Futura 250 a zónová regulace

Jednotka Futura 250 od firmy Jablotron byla vybrána pro 1. variantu větrání. Jelikož se jedná o jednotku s maximálním průtokem menším než 300 m³/h, tak byla zvolena zónová regulace. Ta spočívá v tom, že se pomocí trojcestného ventilu rozdělí přívod vzduchu na dvě zóny. První zóna je pobytová (denní) a druhá zóna je odpočinková (noční). Ventil může nastavit tři různé polohy: otevřená první zóna a druhá zavřená, otevřená druhá zóna a první zavřená, otevřené obě zóny. Pomocí čidel CO₂ ventil automaticky otevře tu zónu, ve které bude potřeba větrat. Do uzavřené zóny půjde alespoň 20 % z celkového množství vzduchu. Díky tomuto rozdělení se do místností dostane takové množství vzduchu, jaké je potřebné na zajištění pohody prostředí. Také bude nižší hluchnost a vytíženost větracího zařízení.

Jednotka bude umístěna na zdi v technické místnosti. Rozvody budou z polotuhých ohebných hadic TERMOFLEX, které jsou vyrobeny z Al fólie a jsou tepelně izolované. Rozvětvení trasy pak bude pomocí kalhotových kusů.

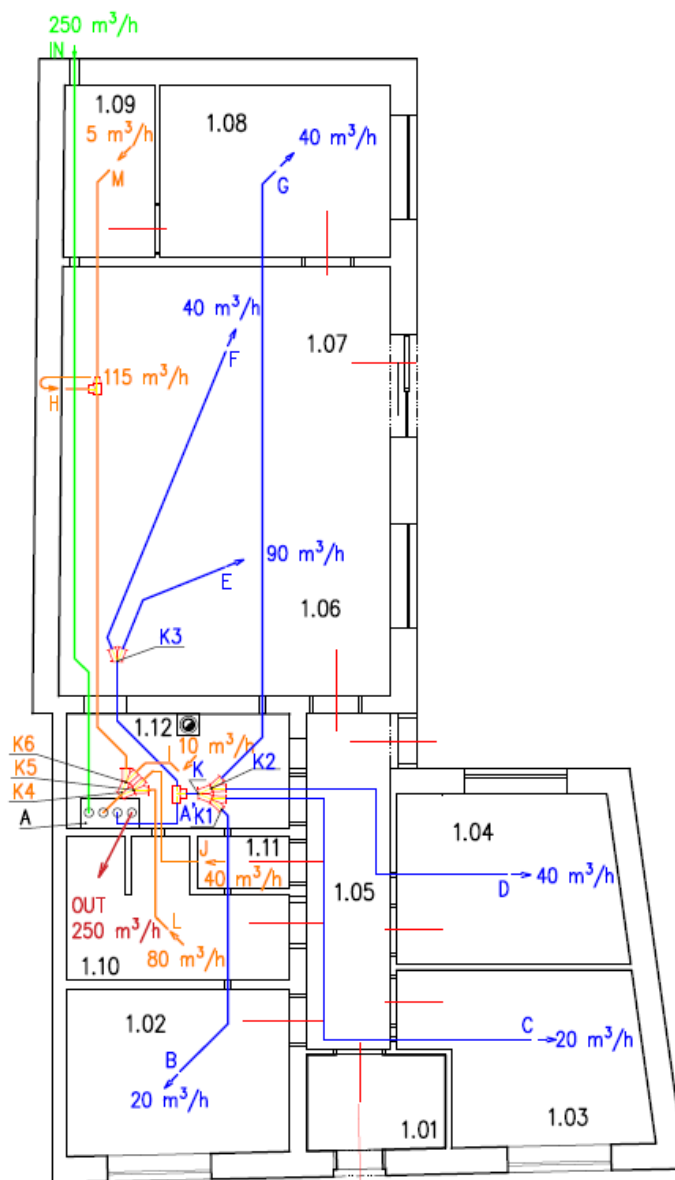
V domě bude instalován sádkokartonový podhled, aby došlo k zakrytí rozváděcího potrubí.

Čerstvý vzduch se bude přivádět EPP potrubím přes šatnu, kuchyň a obývací pokoj. Odpadní vzduch bude veden potrubím nad střechu.

V místnostech, kam se bude přivádět čerstvý vzduch, budou umístěna čidla CO₂, která zajistí automatickou regulaci výkonu. Pro řízení výkonu odtahu bude ve všech místnostech, ze kterých je odváděn vzduch, instalováno vlhkostní čidlo. V koupelně, v kuchyni a na záchodě pak bude tlačítko pro intenzivní odtah z těchto místností.

Schéma trasy vzduchovodů, umístění jednotky a rozvětvení je zřejmé z obrázku 5.2. Písmena určují větve pro výpočet tlakových ztrát. Ve schématu jsou znázorněny průrazy

ve stěnách a také místa vyústění vzduchovodů. Z důvodu přehlednosti nejsou znázorněny dveře, pouze je tam jejich osa červenou barvou.



Obr. 5.1 Schéma trasy vzduchovodů (varianta 1)

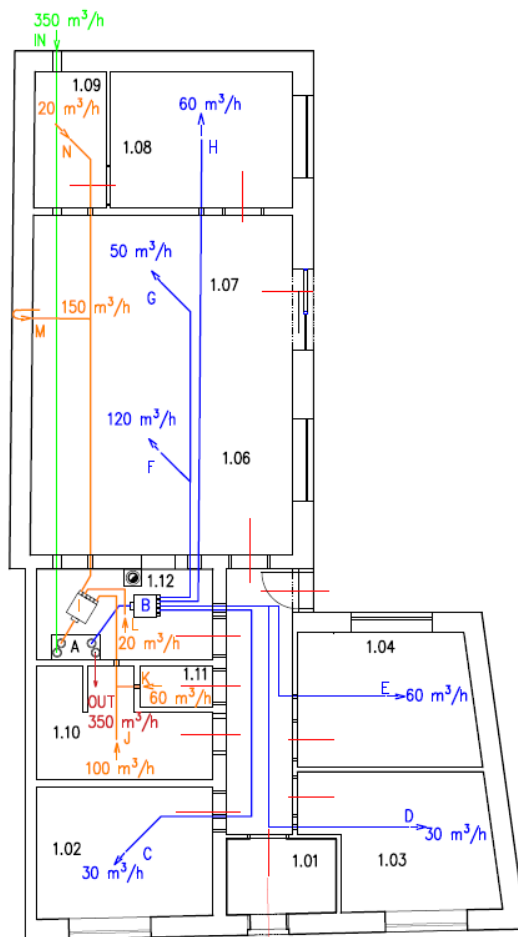
5.2 Wafe 350 EFS a rozváděcí box

Pro druhou variantu byla vybrána jednotka od české firmy Wafe, jedná se o jednotku Wafe 350 EFS. Ta má maximální průtok $350 \text{ m}^3/\text{h}$, což je víc, než je potřeba pro doporučené hodnoty větrání, takže jednotka bude méně vytížena. Bude zavěšena v technické místnosti na zdi.

Rozvod vzduchu bude z plastového flexi potrubí ED Flex Hygienic. Rozvod bude rozvětven pomocí rozváděcího boxu s deseti výstupy. Čerstvý vzduch bude přiveden tepelně izolovaným potrubím přes šatnu, kuchyň a obývací pokoj. Jednotka a rozváděcí box budou spojeny stejným potrubím. Znečištěný vzduch se odvede nad střechu.

Pro regulaci výkonu přiváděného vzduchu budou sloužit CO₂ čidla a pro odváděný vzduch budou v místnostech instalována vlhkostní čidla. V koupelně, v kuchyni a na záchodě bude umístěno tlačítko pro intenzivní odtah z těchto místností.

Schéma trasy vzduchovodů, umístění jednotky a rozvětvení je zobrazeno na obr. 5.3. Písmena rozdělují celou trasu na úseky, které jsou potřebné pro následný výpočet tlakových ztrát. Pro zjednodušení a zpřehlednění jsou dveře zobrazeny pouze osou červené barvy. Výkres obsahuje také naznačení průrazů ve zdi.



Obr. 5.2 Schéma trasy vzduchovodů (varianta 2)

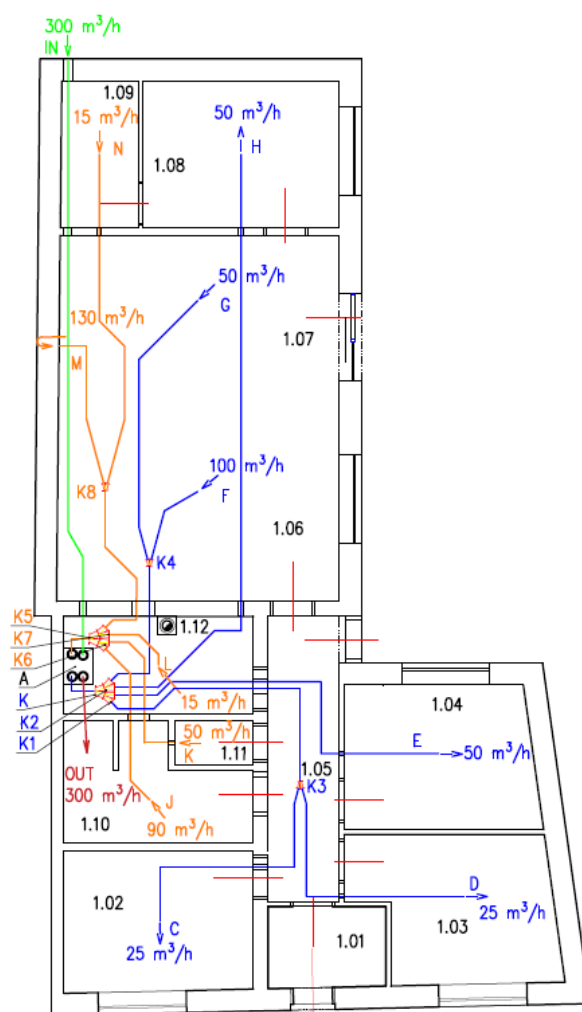
5.3 Ventbox 300 Standard a kalhotové kusy

Poslední variantou je opět jednotka od české firmy a jedná se o jednotku Ventbox 300 Standard. Její maximální průtok je 300 m³/h. To odpovídá návrhu dle doporučených hodnot pro větrání. Jednotka bude opět pověšena na stěně v technické místnosti.

Rozvody vzduchu budou stejné jako u první varianty z Al potrubí TERMOFLEX. Čerstvý vzduch bude přiveden po stejné trase jako v prvních dvou variantách a bude to tepelně izolovaným potrubím o průměru 160 mm. Odpadní potrubí povede opět nad střechu. Pro rozvětvení se využijí kalhotové kusy.

Regulace výkonu v místnostech s přiváděným vzduchem bude opět pomocí CO₂ čidel. Do místností, z nichž je vzduch odváděn, se nainstalují vlhkostní čidla. V koupelně, v kuchyni a na záchodě bude ještě navíc instalováno tlačítko pro intenzivní odtah.

Větvení vzduchovodů, umístění jednotky a vyústění vzduchovodů je schematicky znázorněno na obr. 5.4. Zakreslená písmena slouží k rozdělení trasy na úseky. Toho se využije při počítání tlakových ztrát. Na obrázku jsou také znázorněny průrazy ve stěnách. Dveře nejsou zobrazeny kvůli zpřehlednění obrázku a jsou zakresleny pouze osy červenou barvou.



Obr. 5.3 Schéma trasy vzduchovodů (varianta 3)

6 Dimenzování vzduchovodů

První kroky pro návrh vzduchovodů jsou již provedeny, jsou to návrh trasy vzduchovodů a je zvolen typ potrubí, kterým se bude vzduch dopravovat. Nyní bude následovat výpočtová část, kde je nejprve nutné navrhnout rychlosti v potrubí, poté dopočítat rozměry potrubí, z nich se určí nejbližší normované potrubí, a nakonec se dopočítá skutečná rychlost v potrubí. Po provedení těchto všech kroků je možné přejít k výpočtu tlakových ztrát a určení tlaku, kterým bude ventilátor vzduch dopravovat.

Návrh trasy spočívá hlavně v tom, aby se vyhovělo prostorovým možnostem budovy. Snaha by měla být navrhovat co nejkratší trasy potrubí.

Ve výpočtové části se vychází z určení návrhové rychlosti proudění vzduchu ve vzduchovodech. Pro nízkotlaké větrání v bytech a rodinných domech jsou maximální rychlosti uvedeny v tab. 6.1 [1].

Tab. 6.1 Maximální rychlosti větrání v bytech a domech [1]

Tab. 6.1 Maximální rychlosti větrání v bytěch a domech [1]						
hluková hladina	Rychlost		s ohledem na tlakové ztráty			
	doporuč.	max.	u ventilátoru		konce větví	
			přívod	Odvod	přívod	odvod
[dB]	[m/s]					
20-35	3	5	5	4	3	3

Po zvolení návrhové rychlosti se vypočítá rozměr potrubí. V tomto případě se jedná o kruhové potrubí, takže se bude jednat o průměr potrubí. Výpočet je uveden v rovnici 6.1.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot \dot{V}}{\pi \cdot w}} \quad (6.1)$$

kde:

D [m] průměr potrubí
 w [m/s] rychlost proudění (navržená)

Následně je vybrán normovaný průměr, který se nejvíce blíží vypočítanému průměru a určí se skutečná rychlost z následující rovnice:

$$w = \frac{4 \cdot \dot{V}}{\pi \cdot D_{norm}^2} \quad (6.2)$$

kde:

w [m/s] rychlost proudění (skutečná)
 D_{norm} [m] normovaný průměr potrubí

Při návrhu trasy vzduchovodů, která obsahuje rozváděcí boxy a flexi potrubí, které má konstantní průměr, tak může nastat situace, že vyjde vysoká rychlost, při které by byl způsobován velký hluk v potrubí. V této situaci je možné zvýšit počet potrubí a tím se rychlost proudění rozdělí do všech potrubí, anebo můžeme zvýšit počet výustek, čímž se rychlost také rozdělí do více potrubí. Počet potřebných potrubí lze určit z rovnice 6.3.

$$W = \frac{4 \cdot \dot{V}}{\pi \cdot i \cdot D_{norm}^2} \quad (6.3)$$

kde:

i [-] počet potrubí

Po vypočtení průměru a rychlosti proudění v potrubí následuje výpočet tlakových ztrát. Ty se skládají z délkových a místních ztrát. Potrubní trasa je rozdělena na úseky pomocí písmen ve schématu. Nejlepší je vybrat úsek s největší předpokládanou ztrátou a s ním začít. Tato se nazývá hlavní větev. Postupuje se od výustky po ventilátor. Délkové a místní ztráty se počítají zvlášť a v místě větvení se sečtou [1].

Tlakové ztráty jsou postupně určeny ve všech větvích. Tyto větve se pak doregulují na stejnou ztrátu, jakou má hlavní větev. To lze provést několika způsoby. Prvním způsobem je nastavení distribučního elementu, tzv. přiškrcení. Dalším způsobem je regulace pomocí škrtící klapky v daném úseku. Dále se může např. změnit průřez potrubí a tím se zvýší ztráta, jen se musí dávat pozor na maximální přípustnou rychlost ve větvi [1].

Do délkových ztrát se započítávají pouze přímé úseky vzduchotechnického potrubí, a to dle vztahu 6.4 [1].

$$\Delta p_l = \lambda \cdot \rho \cdot \frac{w^2}{2} \quad (6.4)$$

kde:

Δp_l [Pa] délková tlaková ztráta

Většina výrobců vzduchotechnických potrubí udává k danému potrubí grafickou závislost, ze které lze vyčíst měrnou tlakovou ztrátu obvykle vztaženou na jeden metr potrubí. Celková tlaková ztráta úseku v takovém potrubí se poté vypočítá podle rovnice 6.5. Příklad grafu je na obr. 6.1 [7].

Graf na obrázku je pro SPIRO potrubí od firmy Elektrodesign. Na vodorovné ose je vynesena objemový průtok v m³/h a v l/s. Na svislé ose se nachází měrná tlaková ztráta v Pa/m. V prostřední oblasti grafu jsou vyneseny hodnoty rychlostí v potrubí v m/s a také dostupná řada průměrů potrubí v mm. Ze známého průtoku a z rychlosti nebo z průměru můžeme odečíst přibližnou hodnotu měrné tlakové ztráty [1], [7].

$$\Delta p_l = \Delta p_{l,1} \cdot l \quad (6.5)$$

kde:

$\Delta p_{l,1}$ [Pa/m] měrná tlaková ztráta na metr potrubí
 l [m] délka potrubí

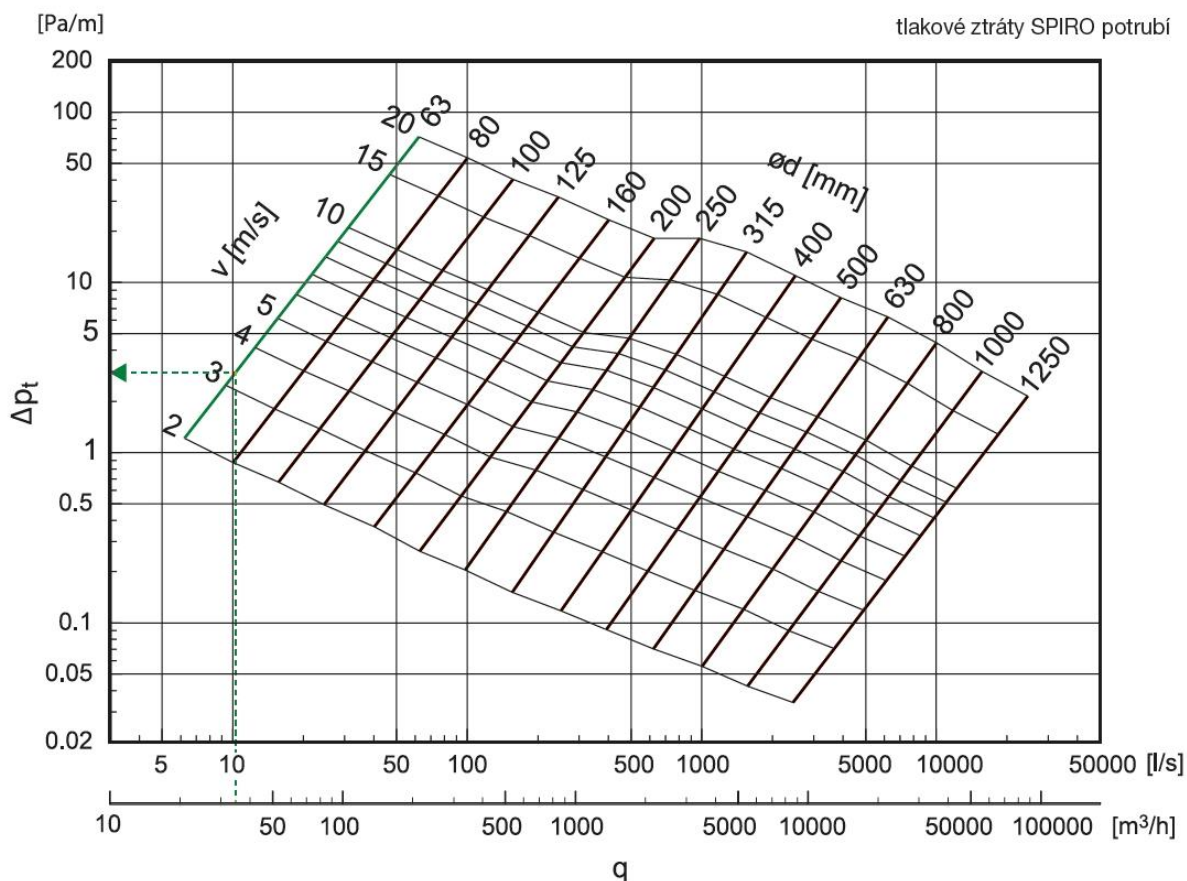
Mezi místní tlakové ztráty se řadí všechny armatury, tvarovky, vřazené prvky. Místní tlakové ztráty se vypočítají podle vzorce 6.6.

$$\Delta p_m = \xi \cdot \rho \cdot \frac{w^2}{2} \quad (6.6)$$

kde:

Δp_m [Pa] místní tlaková ztráta

Ztrátový součinitel každého vřazeného prvku a armatury je určen experimentálně. Opět platí, že někteří výrobci uvádí grafické závislosti, ze kterých lze odečíst místní tlakovou ztrátu daného prvku viz obr. 6.2. Jedná se o osový přechod mezi průměry potrubí od firmy Elektrodesign. Vlevo nahoře je znázorněno, jakým směrem proudí vzduch. Na vodorovné ose je opět objemový průtok v m³/h i v l/s, na svislé ose je místní tlakové ztráta v Pa a uvnitř grafu jsou čáry vyjadřující průměry mezi kterými dochází k přechodu potrubí [7].



Obr. 6.1 Měrná tlaková ztráta SPIRO potrubí [7]

Místní tlakovou ztrátu je možné také vypočítat pomocí různých výpočtových programů. Jedním takovým je program na projekčním serveru qpro.cz. Věrohodnost výsledků, které dává server qpro.cz, byla ověřena výpočtem ztrátového součinitele pro pravoúhlý oblouk, jehož průměr se rovná poloměru ohybu, $\frac{D}{r} = 1$. Výpočet viz rovnice 6.7 [1], [21].

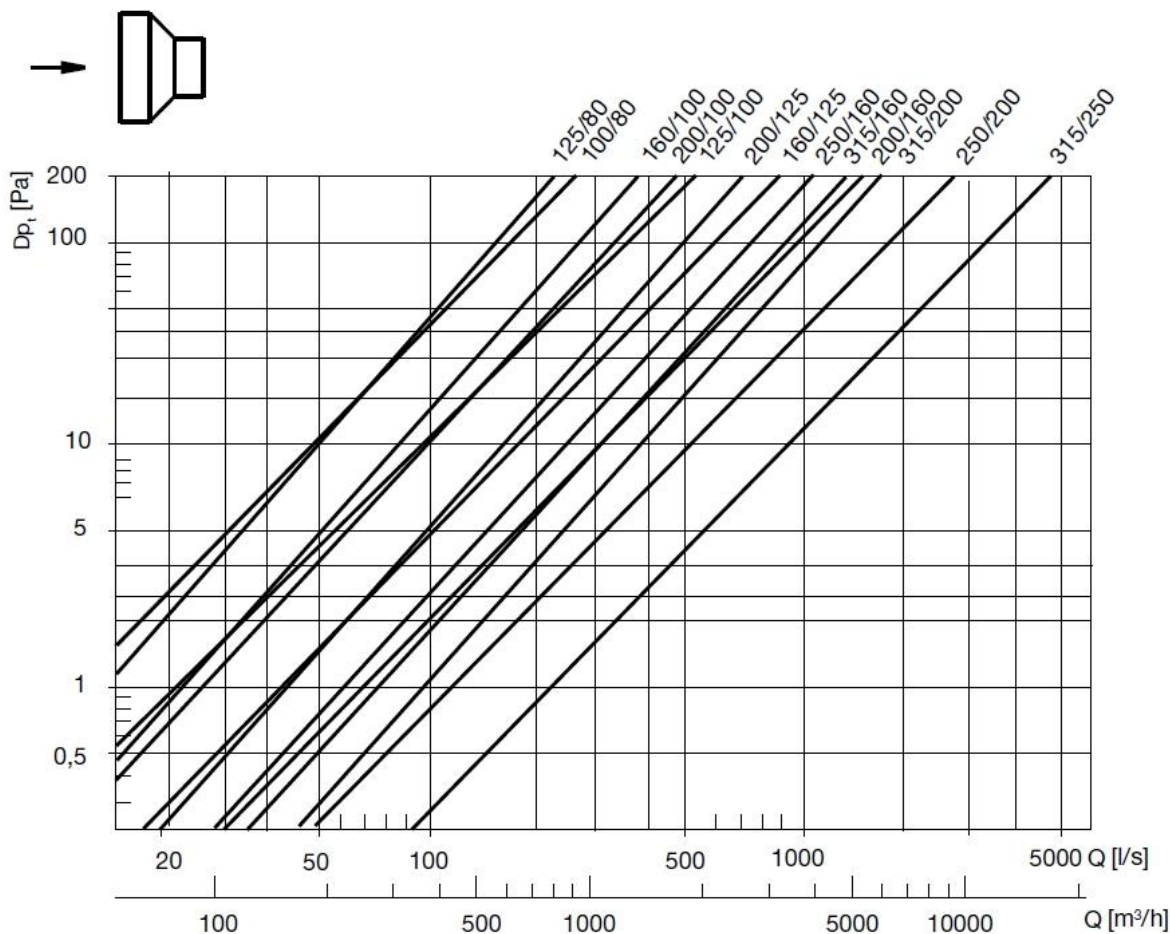
$$\xi = 0,21 \cdot \sqrt{\frac{D}{r}} = 0,21 \cdot \sqrt{1} = 0,21 \quad (6.7)$$

kde:

r [m] poloměr oblouku

Na serveru qpro.cz vyšel výsledek, pro potrubí o průměru 160 mm, $\xi = 0,205 \doteq 0,21$. Z toho vyplývá, že výsledky jsou téměř totožné a server qpro.cz lze použít [21].

Ohebné potrubí má tu výhodu, že na změnu směru toku proudu vzduchu nepotřebuje žádné tvarovky. Potrubí se jednoduše ohne do požadovaného směru a pokračuje se přímým směrem.



Obr. 6.2 Osový přechod krátký s těsněním [7]

U hliníkového ohebného potrubí jsou dány vztahy pro přepočítání oblouku na ekvivalentní délku. Ta se vypočítá podle vztahu 6.8. Ten vychází z průměru potrubí a z koeficientu pro ohyb pod daným úhlem, ten je obvykle zadáván pro úhly 90° a 45°. Výpočet ekvivalentní délky je možný jen v případě že platí $R/D=1$. Pro zmenšení tlakové ztráty je vhodné při instalování potrubí vytvářet ohyby o poloměru větším, než je průměr potrubí $R/D > 1$ [7].

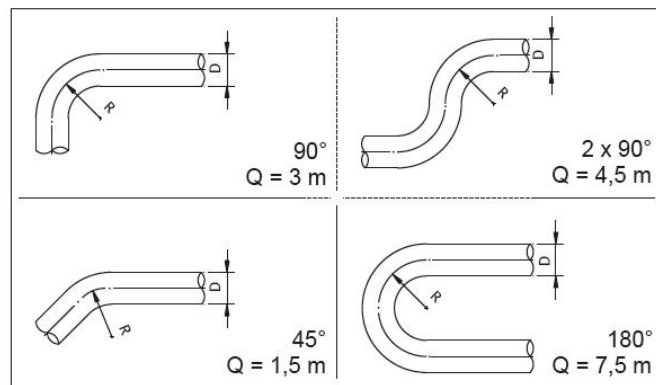
$$L_{eq} = Q \cdot \frac{D}{300} \quad (6.8)$$

kde:

L_{eq}	[m]	ekvivalentní délka potrubí
Q	[-]	koeficient ztráty v ohybu

Pro potrubí TERMOFLEX jsou koeficienty ztráty v ohybu pro různé úhly určeny na obr. 6.3.

U plastového ohebného potrubí je však ta nevýhoda, že nemá danou tlakovou ztrátu v ohybu a udává ztrátu pouze na 10 m přímého potrubí. Jelikož je snaha, aby bylo potrubí na vnitřním průměru co nejhladší, může se na výpočet ztráty v ohybu s výhodou užít vztah 6.7. Výrobce většinou udává, jaký by měl být vhodný poloměr oblouku vzhledem k průměru potrubí. Obvykle je to 3-4násobek průměru [7].



Obr. 6.3 Koeficient ztráty v ohybu [7]

Po určení všech délkových a místních ztrát se tyto ztráty sečtou pro každou větev zvlášť. Tento součet udává rovnice 6.9.

$$\Delta p_z = \Delta p_l + \Delta p_m \quad (6.9)$$

kde:

Δp_z [Pa] tlaková ztráta

V paralelních větvích se tlakové ztráty nesčítají. Ve všech větvích by po zaregulování soustavy měla být stejná tlaková ztráta.

Dopravní tlak ventilátoru se určí z největší tlakové ztráty od sání až po vyústění vzduchu do místnosti. Určuje se dle rovnice 6.10.

$$\Delta p = \sum_{i=1}^n \Delta p_i \quad (6.10)$$

kde:

Δp [Pa] dopravní tlak ventilátoru

Δp_i [Pa] tlaková ztráta ve větvi

6.1 Jablotron Futura 250 a zónová regulace

Jednotka od firmy Jablotron má maximální průtok jen 250 m³/h, což je méně než minimální požadovaný, takže je zde navržena zónová regulace, aby se dosáhlo dostatečných průtoků vzduchu v jednotlivých místnostech. Díky zónové regulaci se sníží výkon jednotky a také hluchost. Trojcestný ventil má 3 polohy regulace. V první poloze jsou otevřené obě zóny, výměna vzduchu pro místnosti v této variantě nastavení ventilu je uvedena v tab. 6.2.

Tab. 6.2 Výměna vzduchu – obě zóny otevřené (varianta č. 1)

Číslo místnosti	Místnost	Přívod vzduchu [m ³ /h]	Odvod vzduchu [m ³ /h]
1.01	Zádveří	-	-
1.02	Pokoj	20	-
1.03	Pokoj	20	-
1.04	Pokoj	40	-
1.05	Chodba	-	-
1.06	Obývací pokoj	90	-
1.07	Kuchyň + jídelna	40	115
1.08	Ložnice	40	-
1.09	Šatna	-	5
1.10	Koupelna	-	80
1.11	WC	-	40
1.12	Technická místnost	-	10
CELKEM		250	250

Další polohy nastavení jsou takové, že jde přívod vzduchu buď jen do jedné, nebo do druhé zóny. Při tomto nastavení je do uzavřené zóny přiváděno 20 % z celkového objemového průtoku vzduchu. Rozdělení odváděného vzduchu je stejné jako v tab. 6.2. Přiváděný vzduch je rozdělen podle tab. 6.3 (zóna 1) a tab. 6.4 (zóna 2). Do zóny 1 patří všechny 3 pokoje a ložnice. Do zóny dvě spadá obývací pokoj a kuchyně s jídelnou.

Tab. 6.3 Výměna vzduchu – otevřená zóna 1 (varianta č. 1)

Číslo místnosti	Místnost	Přívod vzduchu [m ³ /h]
1.02	Pokoj	40
1.03	Pokoj	40
1.04	Pokoj	60
1.06	Obývací pokoj	25
1.07	Kuchyň + jídelna	25
1.08	Ložnice	60
CELKEM		250

Tab. 6.4 Výměna vzduchu – otevřená zóna 2 (varianta č. 1)

Číslo místnosti	Místnost	Přívod vzduchu [m³/h]
1.02	Pokoj	10
1.03	Pokoj	10
1.04	Pokoj	15
1.06	Obývací pokoj	130
1.07	Kuchyň + jídelna	70
1.08	Ložnice	15
CELKEM		250

6.1.1 Návrh dimenzí a rychlostí v potrubí

Kompletní výkres potrubní sítě viz příloha č. 1 a seznam položek i s cenami viz příloha č. 1.1.

Vzorový výpočet bude proveden pro obývací pokoj při otevření zóny 2. Jelikož je maximální průtok předdimenzován díky otevření zóny 2, bude k tomuto průtoku docházet jen zřídka, a tak je možné navrhnout vyšší rychlost proudění v potrubí, tudíž jsou zvoleny 3 m/s. Maximální průtok do obývacího pokoje je při otevření pobytové zóny 130 m³/h. Průměr potrubí se vypočítá z rovnice 6.1, poté se určí normalizovaný průměr a dopočítá se skutečná rychlost v potrubí z rovnice 6.2.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot \dot{V}}{\pi \cdot w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \frac{130}{3600}}{\pi \cdot 3}} = 0,123798 \text{ m} = 123,798 \text{ mm}$$

Nejbližší normalizovaný průměr je 125 mm.

$$w = \frac{4 \cdot \dot{V}}{\pi \cdot D_{norm}^2} = \frac{4 \cdot \frac{130}{3600}}{\pi \cdot 0,125^2} = 2,943 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Rychlost vyhovuje. Výsledky pro zbylé místnosti jsou uvedené v tab. 6.5.

Protože při otevření pouze zóny 1 nebo 2, jsou průtoky v daných zónách předdimenzované, tak větší rychlosti proudění nevádí, jelikož k takovým průtokům do místností bude docházet jen v minimálním počtu případů.

Tab. 6.5 Rychlosti v přívodním potrubí (varianta č. 1)

Ozn.	Název místnosti	Průtok vzduchu [m³/s]	Navržená rychlost proudění [m/s]	Vypočtený průměr [mm]	Navržený průměr [mm]	Skutečná rychlost proudění [m/s]
1.02	Pokoj, zóna 1	40	3	68,67	80	2,21
	Obě zóny	20	-	-	80	1,11
1.03	Pokoj, zóna 1	40	3	68,67	80	2,21
	Obě zóny	20	-	-	80	1,11
1.04	Pokoj, zóna 1	60	3	84,10	80	3,32
	Obě zóny	40	-	-	80	2,21
1.06	Obývací pokoj, zóna 2	130	3	123,79	125	2,94
	Obě zóny	90	-	-	125	2,04
1.07	Kuchyně, zóna 2	70	3	90,84	80	3,87
	Obě zóny	40	-	-	80	2,21
1.08	Ložnice, zóna 1	60	3	84,10	80	3,32
	Obě zóny	40	-	-	80	2,21

Rychlosti v odvodním potrubí viz tab. 6.6.

Tab. 6.6 Rychlosti v odvodním potrubí (varianta č. 1)

Ozn.	Název místnosti	Průtok vzduchu [m³/s]	Navržená rychlost proudění [m/s]	Vypočtený průměr [mm]	Navržený průměr [mm]	Skutečná rychlost proudění [m/s]
1.07	Kuchyně	115	3	116,44	125	2,6
1.09	Šatna	5	3	24,28	80	0,28
1.10	Koupelna	80	3	97,12	100	2,83
1.11	WC	40	3	68,67	80	2,21
1.12	Tech. místnost	10	3	34,34	80	0,55

6.1.2 Volba potrubí a distribučních prvků

Přívod vzduchu od sání do větrací jednotky bude EPP potrubím o průměru 150 mm. Z jednotky bude vzduch dopravován k distribučním elementům pomocí potrubí TERMOFLEX o různých průměrech viz tab. 6.5. Rozvětvení bude kalhotovými kusy.

Distribučními prvky budou talířové ventily. Pro přívod to budou ventily VST o různých připojovacích rozměrech a pro odvod to budou ventily VEF a univerzální ventily IT-PRO. Ventily budou plastové. V tabulce 6.7 jsou místnostem přiřazeny distribuční prvky i s technickými parametry, které jsou zjištěny přímo od dodavatele. Tlaková ztráta distribučních prvků je brána pro téměř otevřený posuvný ventil [7].

Aby nedocházelo k vnikání větších nečistot, deště nebo sněhu do sacího potrubí, tak bude na fasádě instalována mřížka. Tlakové ztráty se budou regulovat pomocí regulační klapky v přívodním potrubí jednotlivých větví. Na odvodu vzduchu se bude regulovat pomocí posuvného elementu na talířovém ventilu, tím se může doregulovat i přívodní větev.

Tab. 6.7 Distribuční prvky (varianta č. 1) [7]

Název místnosti	Přívodní	Odsávací	Objemový průtok [m³/h]	Připojovací rozměr [mm]	Tlaková ztráta [Pa]
Zádveří	-	-	-	-	-
Pokoj	VST 08-1	-	20	80	3
Pokoj	VST 08-1	-	20	80	3
Pokoj	VST 10-1	-	40	100	8
Chodba	-	-	-	-	-
Obývací pokoj	VST 12-1	-	90	125	12,5
Kuchyň + jídelna	VST 10-1	-	40	100	8
Kuchyň + jídelna	-	IT-PRO 125	115	125	16
Ložnice	VST 10-1	-	40	100	8
Šatna	-	VEF 080	5	80	0,3
Koupelna	-	IT-PRO 125	80	125	10
WC	-	VEF 100	40	80	15
Technická místnost	-	VEF 080	10	80	2

6.1.3 Tlakové ztráty

Ukázkový výpočet se provede pro úsek mezi větrací jednotkou a trojcestným ventilem. Ve schématu na obr. 6.2 je tento úsek označen A-A'. Je dlouhý 1,793 m. Prochází ním 250 m³/h vzduchu. Potrubí je TERMOFLEX o průměru 150 mm a z obr. 6.4 plyne, že měrná tlaková ztráta se rovná 2,6 Pa/m. Délková tlaková ztráta poté bude vypočtena z rovnice 6.5.

$$\Delta p_l = \Delta p_{l,1} \cdot l = 2,6 \cdot 1,793 = 4,662 \text{ Pa}$$

Místní tlakové ztráty jsou způsobené pouze 90° oblouky, které jsou v daném úseku tři. Pro výpočet místní ztráty je nejprve nutné vypočítat ekvivalentní délku oblouku dle rovnice 8.8 a ztráta se poté vypočítá stejně jako ztráta délková viz rovnice 6.5, jen místo délky potrubí se bude zadávat ekvivalentní délka oblouku.

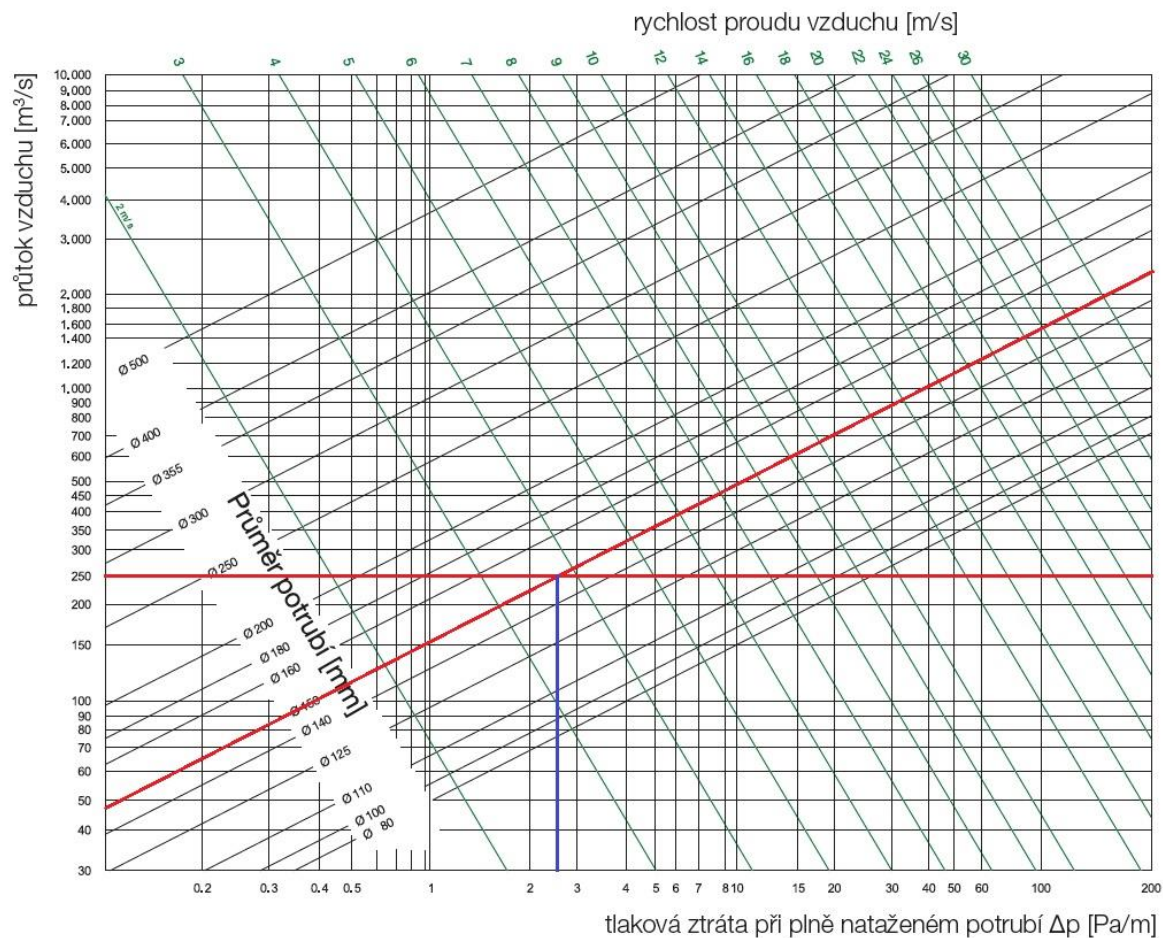
Jelikož jsou v tomto úseku jen 90° oblouky, tak bude koeficient ztráty v ohybu podle obr. 6.3 roven 3. A ekvivalentní délka dosazením do rovnice 6.8 a tlaková ztráta z rovnice 6.6 poté:

$$L_{eq} = Q \cdot \frac{D}{300} = 3 \cdot \frac{150}{300} = 1,5 \text{ m}$$

$$\Delta p_m = \Delta p_{l,1} \cdot L_{eq} = 2,6 \cdot 1,5 = 3,9 \text{ Pa}$$

Protože se na této větvi nachází tři stejné oblouky, tak se místní tlaková ztráta rovná $\Delta p_m = 11,7 \text{ Pa}$.

Tlakové ztráty všech úseků v přívodní větvi jsou uvedené v tab. 6.8.



Obr. 6.4 Tlaková ztráta v potrubí TERMOFLEX [elektrodesign]

Tab. 6.8 Tlakové ztráty v přívodním potrubí (varianta č. 1)

Úsek	\dot{V} [m³/h]	D [mm]	l [m]	$\Delta p_{l,1}$ [Pa/m]	Δp_l [Pa]	N [-]	Δp_m [Pa]	Δp_z [Pa]
IN-A	250	150	13,647	1,48	20,2	4	27,16	47,36
A-A'	250	150	1,793	2,6	4,66	4	11,7	16,36
A'-K	120	150	0,225	1,5	0,34	1	3,79	4,13
K-K1	40	-	-	-	-	1	1,24	1,24
K1-B	20	80	4,731	0,2	0,95	6	3,7	4,65
K1-C	20	80	10	0,2	2	6	4,02	6,02
K-K2	80	-	-	-	-	1	1,55	1,55
K2-D	40	80	6,741	0,6	4,04	7	13,15	17,19
K2-G	40	80	10,718	0,6	6,43	7	12,19	18,62
A'-K3	130	150	2,329	1,7	4	3	9,12	13,12
K3-E	90	125	2,291	0,82	1,88	5	15,58	17,46
K3-F	40	80	5,516	0,6	3,31	6	12,9	16,21

kde:

N [-] počet místních odporů vřazených do úseku

Celkovou nejvyšší tlakovou ztrátou v síti je také dán dopravní tlak ventilátoru a určí se z rovnice 6.10. Největší ztráta je ve větvi IN-E. Což je větev vedoucí do obývacího pokoje. Jedná se o součet úseků IN-A, A-A', A'-K3 a K3-E.

$$\Delta p = \sum_1^4 47,36 + 16,36 + 13,12 + 17,46 = \mathbf{94,3\ Pa}$$

Vypočtený tlak vyhovuje možnostem ventilátoru v jednotce.

Pro odpadní potrubí se použije stejného postupu jako při výpočtu tlakových ztrát v přívodní větvi. Tlakové ztráty odpadního potrubí uvádí tab. 6.9.

Tab. 6.9 Tlakové ztráty v odvodním potrubí (varianta č. 1)

Úsek	\dot{V} [m ³ /h]	D [mm]	l [m]	$\Delta p_{l,1}$ [Pa/m]	Δp_l [Pa]	N [-]	Δp_m [Pa]	Δp_z [Pa]
H-K5	115	125	6,659	1,25	8,32	4	30,28	38,6
I-K5	10	80	0,881	0,1	0,09	5	6,36	6,45
J-K6	40	80	2,453	0,6	1,47	5	18	19,47
L-K6	80	100	2,519	2,1	5,29	4	17,69	22,98
M-K5	5	80	9,563	0,05	0,48	6	11,87	12,35
K5-K4	130	125	-	-	-	2	4,77	4,77
K6-K4	120	125	-	-	-	2	4,4	4,4
K4-A	250	150	0,426	2,6	1,11	1	3,9	5,01
A-OUT	250	150	3	1,48	4,44	0	0	4,44

Nejvyšší tlaková ztráta se opět určí dle rovnice 6.10 a vychází ve větvi H-OUT, jedná se o odvod vzduchu z kuchyně a sestává z úseků H-K5, K-K4, K4-A, A-OUT.

$$\Delta p = \sum_1^4 38,6 + 4,77 + 5,01 + 4,44 = \mathbf{52,82\ Pa}$$

Odvodní ventilátor vyhovuje.

6.2 Wafe 350 EFS a rozváděcí box

U této jednotky od firmy Wafe je maximální průtok 350 m³/h, což je více, než bylo navrženo pro dostatečné vyvětrání. Díky tomu bude jednotka pracovat na nižší výkon, zvýší se tím účinnost a sníží se hluchnost jednotky. Navržené výměny vzduchu pro jednotlivé místnosti jsou v tabulce 6.10.

Tab. 6.10 Výměna vzduchu (varianta č. 2)

Číslo místnosti	Místnost	Prívod vzduchu [m ³ /h]	Odvod vzduchu [m ³ /h]
1.01	Zádveří	-	-
1.02	Pokoj	30	-
1.03	Pokoj	30	-
1.04	Pokoj	60	-
1.05	Chodba	-	-
1.06	Obývací pokoj	120	-
1.07	Kuchyň + jídelna	50	150
1.08	Ložnice	60	-
1.09	Šatna	-	20
1.10	Koupelna	-	100
1.11	WC	-	60
1.12	Technická místnost	-	20
CELKEM		350	350

6.2.1 Návrh dimenzí a rychlostí v potrubí

Kompletní výkres potrubní sítě se nachází v příloze č. 2 a seznam položek i s cenami viz příloha č. 2.1.

Jelikož se jedná o variantu s rozváděcím boxem, kde je dán průměr potrubí ED FLEX, tak se v tomto případě bude dopočítávat rychlost proudění dle rovnice 6.2 a tam, kde vyjde příliš vysoká rychlost, bude dle rovnice 6.3 určen počet potrubí tak, aby se rychlost rozdělila a byla přijatelná z hlediska normovaných hodnot.

Tabulka 6.11 udává vypočtené hodnoty pro dimenzování přívodního potrubí varianty č. 2. Tab. 6.12 udává rychlosti v odvodním potrubí.

Vyšší rychlosti v potrubí nevadí, protože s celkovým průtokem 350 m³/h je soustava předimenzovaná a k takovým průtokům bude docházet jen zřídka.

Tab. 6.11 Rychlosti v přívodním potrubí (varianta č. 2)

Ozn.	Název místnosti	Průtok vzduchu [m ³ /s]	Průměr potrubí. [mm]	Vypočtená rychlost [m/s]	Počet potrubí [-]	Skutečná rychlost proudění [m/s]
1.02	Pokoj	30	75	1,89	1	1,89
1.03	Pokoj	30	75	1,89	1	1,89
1.04	Pokoj	60	75	3,77	2	1,89
1.06	Obývací pokoj	120	75	7,54	3	2,52
1.07	Kuchyň	50	75	3,14	1	3,14
1.08	Ložnice	60	75	3,77	2	1,89

Tab. 6.12 Rychlosti v odvodním potrubí (varianta č. 2)

Ozn.	Název místnosti	Průtok vzduchu [m³/s]	Průměr potrubí [mm]	Vypočtená rychlost [m/s]	Počet potrubí [-]	Skutečná rychlost proudění [m/s]
1.07	Kuchyně	150	75	9,43	3	3,14
1.09	Šatna	20	75	1,25	1	1,25
1.10	Koupelna	100	75	6,28	2	3,14
1.11	WC	60	75	3,77	2	1,89
1.12	Tech. místnost	20	75	1,25	1	1,25

6.2.2 Volba potrubí a distribučních prvků

V této variantě je pro rozvod potrubí zvoleno plastové flexibilní potrubí ED FLEX Hygienic. Toto potrubí se vyrábí ve dvou velikostech. Byla zvolena velikost s vnitřním průměrem 75 mm. Pro přívod čerstvého vzduchu do jednotky je zvoleno potrubí TERMOFLEX, stejné potrubí je vybráno i na odvod vzduchu z jednotky. Potrubní síť bude rozvětvena rozváděcím boxem.

Distribuční prvky jsou téměř totožné s předcházející variantou, liší se pouze ventil na WC, kdy kvůli nižší tlakové ztrátě je zvolen ventil IT-PRO, a také ventil v kuchyni, kde je navržen větší průtok vzduchu než v první variantě, proto byl navržen větší ventil. Potrubí je přivedeno do přípojovacích boxů, na které je připevněn talířový ventil. Kompletní seznam distribučních prvků se nachází v tabulce 6.13, v níž jsou vypsány i základní parametry ventilů [7].

Na sacím potrubí bude na fasádě instalována mřížka, která bude zabraňovat vnikání hrubých nečistot a deště nebo sněhu do přívodního potrubí. Tlakové ztráty se budou regulovat pomocí regulační klapky na přívodu vzduchu do jednotlivých místností a přiškrcením posuvného elementu v talířovém ventilu na odvodu vzduchu z místnosti.

Tab. 6.13 Distribuční prvky (varianta č. 2) [7]

Název místnosti	Přívodní	Odsávací	Objemový průtok [m³/h]	Přípojovací rozměr [mm]	Tlaková ztráta [Pa]
Zádveří	-	-	-	-	-
Pokoj	VST 08-1	-	30	80	16
Pokoj	VST 08-1	-	30	80	16
Pokoj	VST 10-1	-	60	100	15
Chodba	-	-	-	-	-
Obývací pokoj	VST 12-1	-	120	125	23
Kuchyně + jídelna	VST 10-1	-	50	100	11
Kuchyně + jídelna	-	IT-PRO 150	150	150	18
Ložnice	VST 10-1	-	60	100	15
Šatna	-	VEF 080	20	80	13
Koupelna	-	IT-PRO 125	100	125	12
WC	-	IT-PRO 100	60	100	5
Technická místnost	-	VEF 080	20	80	13

6.2.3 Tlakové ztráty

Tlakové ztráty se počítají postupem, který nalezneme i u první varianty. Postupuje se směrem, kterým proudí vzduch v potrubí. Tlakové ztráty přívodní větve jsou uvedeny v tabulce 6.14 a odvodní větve v tabulce 6.15.

Tab. 6.14 Tlakové ztráty v přívodním potrubí (varianta č. 2)

Úsek	\dot{V} [m ³ /h]	D [mm]	l [m]	$\Delta p_{l,1}$ [Pa/m]	Δp_l [Pa]	N [-]	Δp_m [Pa]	Δp_z [Pa]
IN-A	350	160	13,777	2	27,55	2	28,2	57,75
A-B	350	160	0,942	2,8	2,64	2	6,72	9,36
B-C	30	75	8,365	1	8,37	7	19,96	28,32
B-D	30	75	9,238	1	9,24	6	20,21	29,46
B-E	2x30	75	5,867	2,81	16,49	6	27,24	43,72
B-F	3x40	75	3,289	2,81	9,24	6	35,58	44,82
B-G	50	75	7,026	2,05	14,40	6	21,46	35,86
B-H	2x30	75	10,36	2,81	29,11	5	26,98	56,09

Celkovou nejvyšší tlakovou ztrátou v síti je také dán dopravní tlak ventilátoru a určí se z rovnice 8.10. Největší ztráta je ve větvi IN-H. Což je větev vedoucí do ložnice. Tato větev je složen z úseků IN-A, A-B, B-H

$$\Delta p = \sum_1^3 57,75 + 9,36 + 56,09 = \mathbf{123,2\ Pa}$$

Ventilátor v jednotce má maximální dopravní tlak 250 Pa, z toho vyplývá že ventilátor vyhovuje.

Tab. 6.15 Tlakové ztráty v odvodním potrubí (varianta č. 2)

Úsek	\dot{V} [m ³ /h]	D [mm]	l [m]	$\Delta p_{l,1}$ [Pa/m]	Δp_l [Pa]	N [-]	Δp_m [Pa]	Δp_z [Pa]
J-I	2x50	75	2,76	2,05	5,66	5	20,46	26,11
K-I	2x30	75	1,85	2,81	5,21	5	13,55	18,75
L-I	20	75	0,67	0,5	0,34	5	16,26	16,59
M-I	3x50	75	6,51	2,05	13,36	5	25,08	38,43
N-I	20	75	9,66	0,5	4,83	5	14,45	19,28
I-A	350	160	0,71	2,8	2	2	13,48	15,48
A-OUT	350	160	3	2	6	0	0	6

Největší ztráta na odvodní větvi je ve větvi M-OUT, což je odvod znečištěného vzduchu z kuchyně a jídelny a sestává z úseků M-I, I-A, A-OUT. Dopravní tlak ventilátoru se určí z následujícího výpočtu.

$$\Delta p = \sum_1^3 38,43 + 15,48 + 6 = \mathbf{59,91\ Pa}$$

Odvodní ventilátor vyhovuje.

6.3 Ventbox 300 Standard a kalhotové kusy

Tato jednotka od české firmy Thermwet má maximální průtok vzduchu 300 m³/h. Rozdělení přívodu a odvodu vzduchu do jednotlivých místností je navrženo v tabulce 6.16.

Tab. 6.16 Výměna vzduchu (varianta č. 3)

Číslo místnosti	Místnost	Přívod vzduchu [m ³ /h]	Odvod vzduchu [m ³ /h]
1.01	Zádveří	-	-
1.02	Pokoj	25	-
1.03	Pokoj	25	-
1.04	Pokoj	50	-
1.05	Chodba	-	-
1.06	Obývací pokoj	100	-
1.07	Kuchyň + jídelna	50	130
1.08	Ložnice	50	-
1.09	Šatna	-	15
1.10	Koupelna	-	90
1.11	WC	-	50
1.12	Technická místnost	-	15
CELKEM		300	300

6.3.1 Návrh dimenzí a rychlostí v potrubí

Kompletní výkres potrubní sítě viz příloha č. 3 a seznam položek i s cenami viz příloha č. 3.1.

Potrubí TERMOFLEX se vyrábí v několika průměrech, proto se nejprve navrhne maximální rychlost, kterou může vzduch proudit v potrubí a následuje výpočet průměru potrubí. Pak se navrhne průměr potrubí z průměrové řady, a nakonec se vypočítá skutečná rychlost proudění v potrubí. Jelikož průtok jednotkou odpovídá minimálnímu průtoku pro doporučené hodnoty větrání v jednotlivých místnostech, tak navrhovaná rychlost proudění v přívodním potrubí je 2 m/s. Nižší rychlost způsobuje nižší hlučnost. V odvodním potrubí je navrhovaná rychlost 3 m/s. Vypočtené hodnoty rychlostí a návrh dimenzí potrubí pro přívod vzduchu je v tabulce 6.17 a pro odvod v tabulce 6.18

Tab. 6.17 Rychlosti v přívodním potrubí (varianta č. 3)

Ozn.	Název místnosti	Průtok vzduchu [m ³ /s]	Navržená rychlost proudění [m/s]	Vypočtený průměr [mm]	Navržený průměr [mm]	Skutečná rychlost proudění [m/s]
1.02	Pokoj	25	2	66,49	80	1,38
1.03	Pokoj	25	2	66,49	80	1,38
1.04	Pokoj	50	2	94,03	100	1,77
1.06	Obývací pokoj	100	2	132,98	125	2,26
1.07	Kuchyně	50	2	94,03	100	1,77
1.08	Ložnice	50	2	94,03	100	1,77

Rychlost proudění v obývacím pokoji je sice vyšší než 2 m/s, ale ne o moc, takže hlukový projev nebude tak výrazný a stále se vejde do normovaných hodnot uvedených v tabulce 6.1.

Tab. 6.18 Rychlosti v odvodním potrubí (varianta č. 3)

Ozn.	Název místnosti	Průtok vzduchu [m ³ /s]	Navržená rychlost proudění [m/s]	Vypočtený průměr [mm]	Navržený průměr [mm]	Skutečná rychlost proudění [m/s]
1.07	Kuchyně	130	3	123,80	125	2,94
1.09	Šatna	15	3	42,05	80	0,83
1.10	Koupelna	90	3	103,01	100	3,18
1.11	WC	50	3	76,78	80	2,76
1.12	Tech. místnost	15	3	42,05	80	0,83

Nepatrně vyšší rychlost v koupelně hladinu hluku nezvýší natolik, aby to bylo nepříjemné.

6.3.2 Volba potrubí a distribučních prvků

V poslední variantě bude vzduch k jednotce přiveden potrubím TERMOFLEX o průměru 160 mm. Do místností bude vzduch přiváděn také potrubím TERMOFLEX a pro rozvětvení sítě budou použity kalhotové kusy.

Na sacím potrubí bude na fasádě instalována mřížka, která bude zabraňovat vnikání hrubých nečistot a deště nebo sněhu do přívodního potrubí.

Distribuční prvky pro přívod vzduchu jsou totožné jako v předcházejících dvou variantách. U odsávacích výustek se liší výustka v kuchyni a na WC. V kuchyni se liší pouze rozměrově oproti variantě číslo 2 a s variantou číslo 1 je totožná. Na WC je výustka totožná s variantou 1. Kompletní seznam výustek i s tlakovými ztrátami a připojovacími rozměry se nachází v tabulce 6.19 [7].

Tab. 6.19 Distribuční prvky (varianta č. 3) [7]

Název místnosti	Přívodní	Odsávací	Objemový průtok [m ³ /h]	Připojovací rozměr [mm]	Tlaková ztráta [Pa]
Zádveří	-	-	-	-	-
Pokoj	VST 08-1	-	25	80	12
Pokoj	VST 08-1	-	25	80	12
Pokoj	VST 10-1	-	50	100	11
Chodba	-	-	-	-	-
Obývací pokoj	VST 12-1	-	100	125	15
Kuchyně + jídelna	VST 10-1	-	50	100	11
Kuchyně + jídelna	-	IT-PRO 125	130	125	14
Ložnice	VST 10-1	-	50	100	11
Šatna	-	VEF 080	15	80	10
Koupelna	-	IT-PRO 125	90	125	11
WC	-	VEF 100	50	100	24
Technická místnost	-	VEF 080	15	80	10

Případné doregulování systému pro dosažení stejných tlakových ztrát se provede přiškrcením regulační klapky na přívodu vzduchu a přiškrcením posuvného elementu distribučních ventilů na odvodu vzduchu.

6.3.3 Tlakové ztráty

Pro výpočet tlakových ztrát se opakuje postup z první i druhé varianty. Tlakové ztráty přívodu vzduchu jsou v tabulce 6.20.

Tab. 6.20 Tlakové ztráty v přívodním potrubí (varianta č. 3)

Úsek	\dot{V} [m ³ /h]	D [mm]	l [m]	$\Delta p_{l,1}$ [Pa/m]	Δp_l [Pa]	N [-]	Δp_m [Pa]	Δp_z [Pa]
IN-A	300	160	12,1	1,9	22,99	3	27,08	52,07
A-K	300	160	0,83	1,9	1,58	2	6,08	7,66
K-K1	100	-	-	-	-	1	2,9	2,9
K-K2	200	-	-	-	-	1	3,68	3,68
K1-K3	50	100	6,6	0,7	4,62	5	2,73	7,35
K3-C	25	80	5,147	0,3	1,54	6	13,12	14,66
K3-D	25	80	5,155	0,3	1,55	5	12,88	14,42
K1-E	50	100	8,653	0,7	6,06	7	14,78	20,84
K2-H	50	100	12,246	0,7	8,57	7	16,54	25,11
K2-K4	150	125	2,568	2,38	6,11	2	5,24	11,35
K4-F	100	125	1,633	1,23	2,01	4	18,25	20,26
K4-G	50	100	5,455	0,6	3,27	6	13,50	16,78

Celkovou nejvyšší tlakovou ztrátou v síti je dán dopravní tlak ventilátoru a určí se z rovnice 6.10. Největší ztráta je ve větvi IN-F, která sestává z úseků IN-A, A-K, K-K2, K2-K4 a K4-F. Což je větev vedoucí do obývacího pokoje.

$$\Delta p = \sum_1^3 52,07 + 7,66 + 3,68 + 11,35 + 20,26 = \mathbf{95,02 \text{ Pa}}$$

Ventilátor v jednotce má dispoziční tlak 100 Pa, takže ventilátor vyhovuje.

Tlakové ztráty v odvodním potrubí jsou uvedeny v tabulce 6.21.

Tab. 6.21 Tlakové ztráty v odvodním potrubí (varianta č. 3)

Úsek	\dot{V} [m ³ /h]	D [mm]	l [m]	$\Delta p_{l,1}$ [Pa/m]	Δp_l [Pa]	N [-]	Δp_m [Pa]	Δp_z [Pa]
J-K7	90	100	3,18	2,7	8,59	5	19,89	28,48
L-K7	50	80	2,9	1,05	3,05	7	27,95	31,00
M-K6	15	80	1,2	0,2	0,24	6	11,32	11,56
N-K8	130	125	3	1,6	4,8	5	21,9	26,70
O-K8	15	80	6,5	0,2	1,3	7	11	12,30
K8-K6	150	125	2,98	2,38	7,09	5	10,33	17,42
K6-K5	160	-	-	-	-	1	3,58	3,58
K7-K5	140	-	-	-	-	1	0,74	0,74
K5-A	300	160	0,7	1,9	1,33	2	6,08	7,41
A-OUT	300	160	3	1,9	5,7	0	0	5,70

Ve větvi N-OUT je největší tlaková ztráta. Jedná se o odvod vzduchu z kuchyně. Dopravní tlak ventilátoru se určí z následujícího výpočtu.

$$\Delta p = \sum_1^3 26,70 + 17,42 + 3,58 + 7,41 + 5,70 = \mathbf{60,81 Pa}$$

Odvodní ventilátor vyhovuje.

7 Tepelná zátěž

Výpočet tepelné zátěže vychází z normy ČSN 73 0548: Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů [22].

Vnitřní teplota musí být stálá, jinak tato norma neplatí. Pro dimenzování klimatizačních zařízení se výpočet provádí pro 21. července, kdy se předpokládají největší solární zisky. Výpočet lze provést i pro jiný měsíc, ale vždy se počítá pro 21. den v daném měsíci. Určující hodina pro výpočet je ta s předpokladem největších zisků. Celkový tepelný zisk rodinného domu je dán součtem tepelných zisků pro jednotlivé místnosti. Obvykle se počítá s vnitřní teplotou 26 °C, v případě potřeby nebo požadavků se tato teplota může změnit. Výpočtová venkovní teplota pro dimenzování klimatizačních zařízení je 30 °C.

7.1 Zisk od vnitřních zdrojů

Vnitřních zdrojů je hned několik (lidé, svítidla atd.). Pokud nejsou zisky z vnějšího prostředí, tak může být nutná klimatizace právě kvůli vnitřním zdrojům tepla.

7.1.1 Produkce tepla od lidí

Jedná se pouze o citelné teplo. Jeho velikost ovlivňuje práce člověka, teplota vzduchu a složení skupiny lidí. Muž při mírné práci a teplotě vzduchu 26 °C produkuje citelným teplem přibližně 62 W. Tato hodnota od dospělého muže představuje základ pro výpočet produkce tepla od lidí.

Pokud je teplota uvnitř jiná, je potřeba přepočet podle vztahu:

$$\dot{Q}_l = i_l \cdot 6,2(36 - t_i) \quad (7.1)$$

kde:

\dot{Q}_l	[W]	produkce tepla od lidí
i_l	[-]	počet lidí v místnosti
t_i	[°C]	teplota v místnosti

Pokud se jedná o skupinu lidí složenou z mužů, žen a dětí, tak je nutný přepočet počtu lidí v místnosti, protože pro ženy se bere 85 % produkce citelného tepla mužů a u dětí se bere 75 %.

$$i_l = 0,85 \cdot i_z + 0,75 \cdot i_d + i_m \quad (7.2)$$

kde:

i_z	[-]	počet žen
i_d	[-]	počet dětí
i_m	[-]	počet mužů

7.1.2 Produkce tepla od svítidel

Produkce tepla od svítidel se uvažuje v případě nedostatečného denního osvětlení. U rozměrnějších místností se osvětlení uvažuje v případě, je-li hloubka místnosti od okna větší než 5 m. Dále se uvažuje v místnostech, kde nejsou okna a předpokládá se stálý provoz osvětlení.

$$\dot{Q}_{sv} = \dot{P} \cdot c_1 \cdot c_2 \quad (7.3)$$

kde:

\dot{Q}_{sv}	[W]	produkce tepla od svítidel
\dot{P}	[W]	příkon svítidel
c_1	[-]	součinitel současnosti používání
c_2	[-]	součinitel průměrného zatížení

7.1.3 Produkce tepla od elektronických zařízení

Vyjadřuje produkci od všech elektronických zařízení v místnosti (TV, bojler, plynový vaříč, PC, notebook)

$$\dot{Q}_e = \sum \dot{P} \cdot c_1 \cdot c_2 \quad (7.4)$$

kde:

\dot{Q}_e	[W]	produkce tepla od elektronických zařízení
$\sum \dot{P}$	[W]	suma příkonů všech elektronických zařízení

7.1.4 Produkce tepla od ventilátorů

Priváděný vzduch je ohříván tehdy, proudí-li kolem ventilátoru, který zároveň ochlazuje. Tento teplejší vzduch způsobuje tepelnou zátěž v místnosti, do které je dopravován.

$$\dot{Q}_v = \frac{\dot{V} \cdot \Delta p}{\eta_v \cdot \eta_m} \quad (7.5)$$

kde:

\dot{Q}_v	[W]	produkce tepla od ventilátorů
η_v	[-]	účinnost ventilátoru
η_m	[-]	účinnost elektromotoru

7.1.5 Produkce tepla ze sousedních místností

Jedná se o zisk skrz stěnu dvou bezprostředně sousedících místností. Stěny, které oddělují vnitřní a vnější prostředí se sem nezahrnují. Pokud mají sousedící místnosti stejnou teplotu, pak je zisk 0 W. Pokud je ve stěně nějaký vyplněný otvor, například dveře nebo okno, je potřeba spočítat zisky odděleně a výsledný zisk přes danou stěnu je dán součtem těchto dílčích zisků. Počítá se sem i prostup podlahou nebo stropem, pokud nad stropem nebo pod podlahou není přímo venkovní prostředí.

$$\dot{Q}_{sm} = \sum U_i \cdot S_i \cdot (t_{is} - t_1) \quad (7.6)$$

kde:

\dot{Q}_{sm}	[W]	produkce tepla od sousedních místností
U_i	[W/m ² K]	součinitel prostupu tepla i-té stěny

S_i	[m ²]	plocha i-té stěny
t_{is}	[°C]	teplota v místnosti za i-tou stěnou
t_1	[°C]	teplota v klimatizované místnosti

7.2 Zisk z vnějšího prostředí

Jsou to zisky, které mají velký vliv na tepelnou zátěž především lehkých staveb a místností s velkými prosklenými plochami. Záleží také na orientaci oken vůči slunci a na použité stínící technice.

7.2.1 Tepelný zisk prostupem tepla okny

Pro určený čas výpočtu se venkovní teplota určí z tabulky č. 2 normy ČSN 73 0548. V případě, že zisk bude záporný a v absolutní hodnotě menší než 10 W, tak se nemusí uvažovat.

$$\dot{Q}_{ok} = U_{ok} \cdot S_{ok} \cdot (t_e - t_i) \quad (7.7)$$

kde:

\dot{Q}_{ok}	[W]	tepelný zisk prostupem tepla okny
U_{ok}	[W/m ² K]	součinitel prostupu tepla okna
S_{ok}	[m ²]	plocha okna

7.2.2 Tepelný zisk sluneční radiací okny

a) Sluneční deklinace

Jedná se o úhel, který svírá spojnice středu Slunce se středem Země (čili směr slunečních paprsků) s rovinou zemského rovníku. Při pohybu Země okolo Slunce během roku hodnota deklinace kolísá přibližně od -23,45° do +23,45°. Nejvyšší hodnotu má v době letního slunovratu, zpravidla 21. června, nejnižší v době slunovratu zimního, obvykle 22. prosince a v době jarní a podzimní rovnodennosti 21. března a 22. září je její hodnota nulová.

$$\delta = 23,5 \cdot \sin[(M - 1) \cdot 30 + D - 81] \quad (7.8)$$

kde:

δ	[°]	sluneční deklinace
M	[-]	daný měsíc v roce (1-12)
D	[-]	daný den v měsíci (1-31)

b) Výška slunce nad obzorem

Úhel představující skutečnou vzdálenost mezi sluncem a vodorovnou rovinou v místě pozorování.

$$h = \arcsin(\sin\delta \cdot \sin\psi - \cos\delta \cdot \cos\psi \cdot \cos(15 \cdot \tau)) \quad (7.9)$$

kde:

h	[°]	výška slunce nad obzorem
ψ	[°]	zemská šířka, pro ČR 50°
τ	[h]	sluneční čas (hodina pro kterou je výpočet proveden)

c) Sluneční azimut

Je to úhel, který svírá slunce, ve vodorovné rovině, určitý směr se severem. $S=0^\circ$, $V=90^\circ$, $J=180^\circ$, $Z=270^\circ$.

$$a = 180 - \arcsin\left(\frac{\cos\delta \cdot \sin(15 \cdot \tau)}{\cos(h)}\right) \quad (7.10)$$

kde:

a [°] sluneční azimut

d) Délky stínů od slunolamu

Vodorovný stín:

$$e_1 = d \cdot \operatorname{tg}(a - \gamma) \quad (7.11)$$

kde:

e_1	[m]	délka vodorovného stínu
d	[m]	hloubka svislého slunolamu
γ	[°]	azimutový úhel stěny ($S=0^\circ$, $V=90^\circ$, $J=180^\circ$, $Z=270^\circ$)

Svislý stín:

$$e_2 = \frac{c \cdot \operatorname{tg}(h)}{\cos(a - \gamma)} \quad (7.12)$$

kde:

e_2	[m]	délka svislého stínu
c	[m]	hloubka vodorovného slunolamu

e) Osluněná plocha oken

Skutečná plocha oken, na kterou dopadá sluneční záření.

$$S_{os} = n_{ok} \cdot [l_{šok} - (e_1 - f)] \cdot [l_{vok} - (e_2 - g)] \quad (7.13)$$

kde:

S_{os}	[m ²]	skutečná osluněná plocha
n_{ok}	[-]	počet oken
$l_{šok}$	[m]	šířka okna
$e_1 f$	[m]	vzdálenost svislého slunolamu od zasklení
l_{vok}	[m]	výška okna
g	[m]	vzdálenost vodorovného slunolamu od zasklení

f) Intenzita přímé sluneční radiace na plochu kolmou k slunečním paprskům

$$I_{Dk} = I_0 \cdot e^{-\frac{Z}{10} \left(\frac{16000-H}{16000+H} \frac{1}{\sin(h)} \right)^{0,8}} \quad (7.14)$$

kde:

I_{Dk}	[W/m ²]	intenzita přímé sluneční radiace na plochu kolmou k slunečním paprskům
I_0	[W/m ²]	sluneční konstanta (1350 W/m ²)

z	[-]	Linekeho zákal, pro červenec a dané místo je roven 5
H	[m]	nadmořská výška

g) Intenzita difuzní sluneční radiace

$$I_d = \left[I_0 - I_{Dk} - (1080 - 1,4 \cdot I_{Dk}) \cdot \sin^2 \frac{\alpha}{2} \right] \cdot \frac{\sin(h)}{3} \quad (7.15)$$

kde:

I_d	[W/m ²]	intenzita difuzní sluneční radiace
α	[°]	úhel stěny s vodorovnou rovinou

h) Úhel mezi normálou osluněného povrchu a směrem paprsků

$$\theta = \arccos(\sinh \cdot \cos \alpha + \cosh \cdot \sin \alpha \cdot \cos(a - \gamma)) \quad (7.16)$$

kde:

θ	[°]	úhel mezi normálou osluněného povrchu a směrem paprsků
----------	-----	--

i) Intenzita přímé sluneční radiace na libovolně orientovanou plochu

$$I_D = I_{Dk} \cdot \cos \theta \quad (7.17)$$

kde:

I_D	[W/m ²]	intenzita přímé sluneční radiace na libovolně orientovanou plochu
-------	---------------------	---

j) Propustnost standardního okna

$$t_D = 0,87 - 1,47 \cdot \left(\frac{\theta}{100} \right)^5 \quad (7.18)$$

kde:

t_D	[-]	propustnost standardního okna
-------	-----	-------------------------------

k) Intenzita difuzní radiace procházející standardním oknem

$$I_{Okd} = t_{D0} \cdot I_d \quad (7.19)$$

kde:

I_{Okd}	[W/m ²]	intenzita difuzní radiace procházející standardním oknem
t_{D0}	[-]	propustnost standardního okna

l) Celková intenzita sluneční radiace procházející standardním oknem

$$I_{Ok} = t_D \cdot I_D + I_{Okd} \quad (7.20)$$

kde:

I_{Ok}	[W/m ²]	celková intenzita sluneční radiace procházející standardním oknem
----------	---------------------	---

m) Tepelný zisk sluneční radiací okny v danou hodinu

$$\dot{Q}_{orh1} = [S_{os} \cdot I_{Ok} \cdot c_0 + (S_{ok} - S_{os}) \cdot I_{Okd}] \cdot s \quad (7.21)$$

kde:

\dot{Q}_{orh1}	[W]	tepelný zisk sluneční radiací okny v danou hodinu
c_0	[-]	koeficient čistoty atmosféry (středně čistá atmosféra $c_0 = 1$)
s	[-]	součinitel stínících prvků

n) Snížení zisků vlivem akumulace

Uvažuje se pouze v případě povolení kolísání teplot. Stěny, které jsou tlustší než 16 cm, tak mají tloušťku akumulární vrstvy 8 cm. Tenčí stěny mají tloušťku akumulární vrstvy rovnu polovině tloušťky konstrukce.

Hmotnost konstrukce

$$m = \frac{\rho}{t_{skut}} \cdot \frac{2 \cdot t_{akum}}{2} \cdot S \quad (7.22)$$

kde:

m	[kg]	hmotnost konstrukce
ρ	[kg/m ²]	plošná hustota
t_{skut}	[m]	skutečná tloušťka stěny
t_{akum}	[m]	akumulační tloušťka stěny
S	[m]	plocha stěny

$$\Delta \dot{Q} = 0,05 \cdot m \cdot \Delta t \quad (7.23)$$

kde:

$\Delta \dot{Q}$	[W]	snížení zisků akumulací
Δt	[°C]	povolené kolísání teplot

o) Tepelný zisk sluneční radiací okny zmenšený o akumulaci

$$\dot{Q}_{orh} = \dot{Q}_{orh1} - \Delta \dot{Q} \quad (7.24)$$

kde:

\dot{Q}_{orh}	[W]	skutečný tepelný zisk sluneční radiací okny v danou hodinu
-----------------	-----	--

p) Průměrný zisk sluneční radiací okny za pracovní dobu

Když se pro danou místnost zopakují předchozí výpočty od a) po m) pro každou hodinu dané pracovní doby, pak lze z daných výsledků určit průměrnou hodnotu.

$$\dot{Q}_{orm} = \frac{1}{n_{hodin}} \cdot \sum_{i=1}^{n_{hodin}} \dot{Q}_{ori} \quad (7.25)$$

kde:

\dot{Q}_{orm}	[W]	průměrný zisk sluneční radiací okny za pracovní dobu
n_{hodin}	[-]	počet hodin
\dot{Q}_{ori}	[W]	tepelný zisk sluneční radiací okny v danou hodinu

q) Tepelný zisk sluneční radiací okny (skutečný)

Větší z hodnot \dot{Q}_{orh} a \dot{Q}_{orm} je považována za skutečný tepelný zisk sluneční radiací okny.

$$\dot{Q}_{or} = \max(\dot{Q}_{orh}; \dot{Q}_{orm}) \quad (7.26)$$

kde:

\dot{Q}_{or} [W] skutečný zisk sluneční radiací okny v danou hodinu

7.2.3 Tepelný zisk vnějšími stěnami

U prosklených fasád je prostup tepla stěnami, stropem a podlahou velmi malý. Tento zisk závisí především na tloušťce stěny, přes kterou má teplo přecházet a na jejích akumulacích schopnostech.

Stěny se rozdělují na lehké (tloušťka menší než 8 cm), středně těžké (do 45 cm) a těžké (45 cm a více).

Tepelný tok závisí na venkovní teplotě. Kolísání tepelného toku je vůči slunci časově posunuto a také tlumeno v dané stěně.

Součinitel zmenšení teplotního kolísání:

$$m \doteq \frac{1+7,6 \cdot t_s}{2500 t_s} \quad (7.27)$$

kde:

m [-] součinitel zmenšení teplotního kolísání
 t_s [m] tloušťka stěny

Fázové posunutí teplotních kmitů:

$$\Psi \doteq 32 \cdot t_s \quad (7.28)$$

kde:

Ψ [h] fázové posunutí teplotních kmitů

Tepelný zisk vnější stěnou:

$$\dot{Q}_s = U_s \cdot S_s \cdot [(t_{rm} - t_i) + m \cdot (t_{r\Psi} - t_{rm})] \quad (7.29)$$

kde:

\dot{Q}_s [W] tepelný zisk vnější stěnou
 U_s [W/m²K] součinitel prostupu tepla vnější stěnou
 S_s [m²] plocha vnější stěny
 t_{rm} [°C] průměrná teplota pro danou světovou stranu
 $t_{r\Psi}$ [°C] fázově posunutá teplota

7.2.4 Tepelný zisk z přívodu čerstvého větracího vzduchu

$$\dot{Q}_L = \dot{V} \cdot \rho \cdot c_L \cdot (t_e - t_i) \quad (7.30)$$

kde:

\dot{Q}_L [W] tepelný zisk z přívodu čerstvého vzduchu
 c_L [J/kg·K] měrná tepelná kapacita vzduchu

7.3 Vodní zisky

Vodní zisky jsou z produkce páry od lidí. Zvyšují se s teplotou a činností.

$$\dot{m}_{wl} = \dot{m}_p \cdot i_l \quad (7.31)$$

kde:

\dot{m}_{wl}	[g/h]	produkce páry všech lidí v místnosti
\dot{m}_p	[g/h]	produkce páry od jednoho člověka

Poté tepelná zátěž vázaným teplem

$$\dot{Q}_{iv} = \dot{m}_{wl} \cdot l_{23} \quad (7.32)$$

kde:

\dot{Q}_{iv}	[W]	produkce tepla vázaným teplem
l_{23}	[J/kg]	měrné výparné teplo vody, $l_{23} = 2,5 \cdot 10^6 \frac{J}{kg}$

7.4 Celkové tepelné zisky (citelné teplo)

Je to součet všech vypočtených tepelných zisků s výjimkou zisku z přívodu čerstvého vzduchu a vodních zisků.

$$\Sigma \dot{Q} = \dot{Q}_l + \dot{Q}_{sv} + \dot{Q}_e + \dot{Q}_v + \dot{Q}_{vm} + \dot{Q}_{ok} + \dot{Q}_{or} + \dot{Q}_s \quad (7.33)$$

kde:

$\Sigma \dot{Q}$	[W]	celkový tepelný zisk
------------------	-----	----------------------

7.5 Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru

Je to součet všech tepelných zisků včetně tepelného zisku z přívodu čerstvého vzduchu a tepelného zisku vázaným teplem.

$$\dot{Q}_i = \Sigma \dot{Q} + \dot{Q}_L + \dot{Q}_{iv} \quad (7.34)$$

kde:

\dot{Q}_i	[W]	celková zátěž klimatizovaného prostoru
-------------	-----	--

8 Ukázkový výpočet tepelné zátěže

Pro ukázkový výpočet byl vybrán pokoj s označením **1.02**. Ten má okno orientováno na JV. Sousedí se třemi místnostmi a také s místností ve vedlejší budově. Ve vedlejší budově se předpokládá stejná teplota, jako v této místnosti.

Výpočet je proveden pro nejnepříznivější podmínky dle normy [1], což je 21. červenec. Největší intenzita sluneční radiace je v 10 hodin slunečního času, takže pro výpočet použijeme 11 hodin SELČ. Největší intenzita je $I_0=615 \text{ W/m}^2$ [22].

Doba aktivního pobytu lidí v budově je od 6:00 do 22:00 SELČ. Od 22:00 do 6:00 se předpokládá, že lidé budou spát. Teplota v místnosti je 26°C.

Záporné zisky, které jsou v absolutní hodnotě menší než 10 W, se nemusí uvažovat.

8.1 Zisk od vnitřních zdrojů

8.1.1 Produkce tepla od lidí

V místnosti se nachází 1 dítě, proto je potřeba přepočítat počet lidí v místnosti dle rovnice 7.2, protože děti mají přibližně 75 % produkci tepla z produkce tepla dospělého muže.

$$i_l = 0,85 \cdot 0 + 0,75 \cdot 1 + 0 = 0,75$$

Poté se produkce tepla od lidí vypočítá ze vztahu 7.1. Produkce tepla pro člověka, který sedí nebo je mírně aktivní má hodnotu 62 W. Teplota v místnosti je 26°C.

$$\dot{Q}_l = 0,75 \cdot 6,2 \cdot (36 - 26) = 46,5 \text{ W}$$

8.1.2 Produkce tepla od svítidel

V této místnosti se nachází okno a místnost není hluboká více než 5 m od okna, tudíž se osvětlení neuvažuje. Přirozené osvětlení je dostatečné.

$$\dot{Q}_{sv} = 0 \text{ W}$$

8.1.3 Produkce tepla od elektronických zařízení

Z elektronických zařízení se v pokoji nachází pouze PC sestava s výkonem 100 W. Součinitel současnosti je $c_1=1$ a součinitel průměrného zatížení je volen $c_2=0,5$.

$$\dot{Q}_e = 100 \cdot 1 \cdot 0,5 = 50 \text{ W}$$

8.1.4 Produkce tepla od ventilátorů

Pro výpočet zisků od ventilátoru se uvádí tlaková ztráta jednotky, u které tato ztráta vyšla největší, aby se uvažoval nejhorší případ, který může nastat. Množství vzduchu dopravované do místnosti se bere takové, které je navrženo doporučenými hodnotami z norem. Účinnost ventilátoru je 0,7 a účinnost elektromotoru 0,6.

$$\dot{Q}_v = \frac{\left(\frac{25}{3600}\right) \cdot 125}{0,7 \cdot 0,6} = 2,1 \text{ W}$$

8.1.5 Produkce tepla ze sousedních místností

Jedná se o zisk skrz stěnu dvou bezprostředně sousedících místností. Stěny, které oddělují vnitřní a vnější prostředí se sem nezahrnují. Jestli je vůbec nějaký zisk z vedlejší místnosti se pozná hlavně z rozdílu teplot mezi danou místností a vedlejší místností. Pokud se tyto teploty rovnají, tak jsou zisky nulové. Požadavky v této budově jsou takové, aby byla teplota ve všech místnostech 26 °C, tudíž všechny zisky ze sousedních místností jsou 0 viz tab. 8.1. Pouze zisk z podkroví, které není chlazené, je nenulový.

Tab. 8.1 Zisk z vedlejších místností

Označení vedlejší místnosti	Součinitel prostupu tepla [W/m²K]	Plocha oddělující stěny [m²]	Teplota v místnosti [°C]	Tepelný zisk [W]
1.01 – Zádveří	0,3415	4,29	26	0
1.05 – Chodba	0,3415	1,33	26	0
1.05 – Chodba (dveře)	2	1,58	26	0
1.10 – Koupelna	0,6958	9,92	26	0
Vedlejší budova	0,1753	7,45	26	0
Podkroví	0,2075	11,11	41,1	35,04

Celkový zisk z vedlejších místností se vypočítá ze vztahu 7.6.

$$\dot{Q}_{sm} = 35,04 \text{ W}$$

Výpočet teploty v podkroví

Vzorový výpočet teploty v podkroví je pro 11 hodinu, avšak pro ostatní hodiny bude postup stejný. Pro výpočet teploty v podkroví bylo potřeba udělat několik zjednodušení. Hlavním zjednodušením je to, že střešní krytina spolu s izolací bude považována za lehkou stěnu, tudíž nebude uvažováno fázové posunutí teplotních kmitů. Dále se uvažuje, že slunce svítí na 2/3 střechy, což je během dne maximální plocha střechy, která je osluněna, tudíž se bere v potaz nejvyšší možný zisk. A výpočet vychází z předpokladu, že zisk, který do podkroví vstoupí přes střechu, se rovná ztrátě, která projde přes strop do místnosti pod podkrovím. Tudíž se uvažuje s ustáleným stavem, kdy teplota v podkroví je ustálena a neuvažuje se akumulace ve vzduchu.

Nejprve je potřeba určit rovnocennou teplotu povrchu (teplotu střechy) z intenzity přímého slunečního záření. Určí se podle vztahu 8.1.

$$t_r = t_e + \frac{\varepsilon \cdot \dot{I}}{\alpha_e} \quad (8.1)$$

kde:

t_r	[°C]	rovnocenná teplota povrchu
ε	[-]	emisivita povrchu
\dot{I}	[W]	intenzita přímé a difuzní sluneční radiace dopadající na stěnu
α_e	[W/m²K]	součinitel přestupu tepla na vnější straně

Intenzita přímé radiace se vypočítá dle vzorce 7.17, jen je potřeba přepočítat θ (úhel mezi normálou osluněného povrchu a směrem paprsků) podle rovnice 7.16 pro $\alpha=30^\circ$ (úhel stěny s vodorovnou rovinou). A difuzní radiace se určí podle vzorce 7.15 pro $\alpha=30^\circ$. Intenzita použitá v rovnici 8.1 je součtem takto vypočítané přímé a difuzní intenzity. Emisivita povrchu $\varepsilon=0,6$. Poté je rovnocenná teplota povrchu:

$$t_r = 26,5 + \frac{0,6 \cdot 987,72}{15} = 66^\circ\text{C}$$

Teplota v podkroví se určí z rovnice 8.2.

$$U_{str} \cdot S_{str} \cdot (t_r - t_{pod}) = U_{pod} \cdot S_{pod} \cdot (t_{pod} - t_i) \quad (8.2)$$

kde:

U_{str}	[°C]	součinitel prostupu tepla střechy
S_{str}	[°C]	plocha střechy
t_{pod}	[°C]	teplota podkroví
U_{pod}	[°C]	součinitel prostupu tepla stropu
S_{pod}	[°C]	plocha podkroví
t_i	[°C]	teplota pod podkrovím

Jelikož teplota ve všech místnostech pod podkrovím je 26 °C, dá se plocha podkroví uvažovat jako součet všech ploch v místnostech pod podkrovím. Součinitel prostupu tepla střechou je 0,11 a plocha osluněné části střechy je 150 m². Tudíž teplota v podkroví je po vyjádření z rovnice 8.2 rovna:

$$t_{pod} = \frac{(U_{str} \cdot S_{str} \cdot t_r) + (U_{pod} \cdot S_{pod} \cdot t_i)}{U_{str} \cdot S_{str} + U_{pod} \cdot S_{pod}} = \frac{0,11 \cdot 150 \cdot 66 + 0,21 \cdot 130 \cdot 26}{0,11 \cdot 150 + 0,21 \cdot 130} = 41,1 \text{ °C}$$

8.2 Zisk z vnějšího prostředí

8.2.1 Tepelný zisk prostupem tepla okny

Tepelný zisk prostupem okny se určí dle vztahu 7.7. Součinitel prostupu tepla oknem $U_{ok}=0,92$ W/m²K, plocha okna $S_{ok}=2,7$ m², venkovní teplota v 11 hodin je 26,5 °C.

$$\dot{Q}_{ok} = 0,92 \cdot 2,7 \cdot (26,5 - 26) = 1,242 \text{ W}$$

8.2.2 Tepelný zisk sluneční radiací okny

Sluneční deklinace

Výpočet je prováděn pro 21. den v měsíci červenci, proto je za D dosazeno číslo 21 a za M číslo 7.

$$\delta = 23,5 \cdot \sin[(7 - 1) \cdot 30 + 21 - 81] = 20,35^\circ$$

Výška slunce nad obzorem

Zemská šířka ψ je pro Českou republiku 50°. Čas výpočtu je 11 h.

$$h = \arcsin(\sin 20,35 \cdot \sin 50 - \cos 20,35 \cdot \cos 50 \cdot \cos(15 \cdot 11)) = 58,05^\circ$$

Sluneční azimut

$$a = 180 - \arcsin\left(\frac{\cos 20,35 \cdot \sin(15 \cdot 11)}{\cos 58,05}\right) = 152,70^\circ$$

Délky stínů od slunolamu

Délka vodorovného i svislého slunolamu je 0,19 m. Azimutový úhel plochy je pro JV orientaci 135°.

Vodorovný stín:

Výpočet podle vztahu 7.11.

Azimutový úhel stěny γ je v tomto případě 135° , protože se stěna nachází na JV.

$$e_1 = 0,19 \cdot \operatorname{tg}(152,70 - 135) = 0,0606 \text{ m}$$

Vodorovný stín:

Určuje se z rovnice 7.12.

$$e_2 = \frac{0,19 \cdot \operatorname{tg}(58,05)}{\cos(152,70 - 135)} = 0,3198 \text{ m}$$

Osluněná plocha oken

Skutečná plocha oken, na kterou dopadá sluneční záření se vypočítá dle vztahu 7.13.

$$S_{os} = 1 \cdot [1,8 - (0,0606 - 0)] \cdot [1,5 - (0,3198 - 0)] = 2,053 \text{ m}^2$$

Intenzita přímé sluneční radiace na plochu kolmou k slunečním paprskům

Výpočet dle vztahu 7.14.

$$I_{Dk} = 1350 \cdot e^{-\frac{5}{10} \cdot \left(\frac{16000 - 300}{16000 + 300} \cdot \frac{1}{\sin 58,05} \right)^{0,8}} = 857,32 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Intenzita difuzní sluneční radiace

Vztah 7.15 slouží pro její výpočet.

$$I_d = \left[1350 - 857,32 - \left(-1,4 \cdot 857,32 \right) \cdot \sin^2 \frac{90}{2} \right] \cdot \frac{\sin 58,05}{3} = 156,36 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Úhel mezi normálou osluněného povrchu a směrem paprsků

Výpočet dle vztahu 7.16.

$$\theta = \arccos(\sin 58,05 \cdot \cos 90 + \cos 58,05 \cdot \sin 90 \cdot \cos(152,70 - 135)) = 59,73^\circ$$

Intenzita přímé sluneční radiace na libovolně orientovanou plochu

Výpočet dle rovnice 7.17.

$$I_D = 857,32 \cdot \cos 59,73 = 432,15 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Propustnost standardního okna

7.18 je vztah sloužící pro tento výpočet.

$$t_D = 0,87 - 1,47 \cdot \left(\frac{59,73}{100} \right)^5 = 0,758$$

Intenzita difuzní radiace procházející standardním oknem

Výpočet dle vztahu 7.19.

$$I_{Okd} = 0,85 \cdot 156,36 = 132,91 \frac{W}{m^2}$$

Celková intenzita sluneční radiace procházející standardním oknem

Výpočet dle rovnice 7.20.

$$I_{Ok} = 0,758 \cdot 432,15 + 132,91 = 460,58 \frac{W}{m^2}$$

Tepelný zisk sluneční radiací okny v danou hodinu

Určení zisku pro danou hodinu je z rovnice 7.21. Koefficient čistoty atmosféry $c_0=1$. Stínící součinitel pro trojsklo je $s_{troj}= 0,9$ a pro vnitřní žaluzie $s_{žal}=0,65$. Celkový součinitel stínících prvků je 0,585.

$$\dot{Q}_{or11} = [2,053 \cdot 460,58 \cdot 1 + (2,7 - 2,053) \cdot 132,91] \cdot 0,585 = 603,41 W$$

kde:

s_{troj}	[-]	stínící součinitel trojskla
$s_{žal}$	[-]	stínící součinitel vnitřních žaluzií

Snížení zisků vlivem akumulace

Uvažuje se pouze v případě povolení kolísání teplot. V žádné z místností této budovy není povoleno kolísání teplot, tudíž je snížení zisků vlivem akumulace nulové.

$$\Delta \dot{Q} = 0 W$$

Tepelný zisk sluneční radiací okny zmenšený o akumulaci

Výpočet dle vztahu 7.24.

$$\dot{Q}_{or11} = 603,41 - 0 = 603,41 W$$

Tepelné zisky pro jednotlivé hodiny aktivního pobytu v budově jsou v tab. 8.2.

Tab. 8.2 Tepelné zisky radiací pro místnost 1.02 v jednotlivých pracovních hodinách

Hodina	Tepelný zisk [W]
6:00	234
7:00	517
8:00	652
9:00	747
10:00	736
11:00	603
12:00	399
13:00	228
14:00	198
15:00	179
16:00	154
17:00	122
18:00	85
19:00	39
20:00	0
21:00	0
22:00	0

Průměrný zisk sluneční radiací okny za pracovní dobu

Výpočet dle rovnice 7.25.

$$\dot{Q}_{orm} = \frac{1}{n_{hodin}} \cdot \sum_{i=1}^{n_{hodin}} \dot{Q}_{roi} = 288,05 \text{ W}$$

Tepelný zisk sluneční radiací okny (skutečný)

Výpočet ze rovnice 7.26.

Větší z hodnot \dot{Q}_{or11} a \dot{Q}_{orm} je považována za skutečný tepelný zisk sluneční radiací okny.

$$\dot{Q}_{or} = \max(288,05; 603,41) = \mathbf{603,41 \text{ W}}$$

8.2.3 Tepelný zisk vnějšími stěnami

JV stěna

Součinitel zmenšení teplotního kolísání se určí ze vztahu 7.27.

$$m \doteq \frac{1+7,6 \cdot 0,462}{2500^{0,462}} = 0,1215$$

Fázové posunutí teplotních kmitů se určí z rovnice 7.28.

$$\Psi \doteq 32 \cdot 0,462 = 14,28 \text{ h} \doteq 14 \text{ h}$$

Tepelný zisk vnější JV stěnou se určí ze vztahu 7.29. Součinitel prostupu tepla vnější stěnou je $0,175 \text{ W/m}^2\text{K}$. Plocha vnější stěny je $7,22 \text{ m}^2$. Průměrná teplota povrchu stěny pro JV světovou stranu je $30,2 \text{ }^\circ\text{C}$ dle normy ČSN 73 0548. Posunutá teplota se určuje pro dobu o 14 hodin před 11. hodinou dopolední, což je 21. hodina. Tato teplota je 23°C .

$$\dot{Q}_{sJV} = 0,175 \cdot 7,22 \cdot [(30,2 - 26) + 0,1215 \cdot (23 - 30,2)] = \mathbf{4,209 \text{ W}}$$

Podlaha

Teplota zeminy pod podlahou je $14 \text{ }^\circ\text{C}$ po celý den, proto se nepočítá jako prostup tepla s fázovým posunem, ale jako klasický prostup. Součinitel prostupu tepla je $0,233$ a plocha podlahy je $11,11 \text{ m}^2$. Tepelný zisk stropem se vypočítá dle následujícího vztahu:

$$\dot{Q}_{sp} = k \cdot S \cdot (t_{zem} - t_i) = 0,233 \cdot 11,11 \cdot (14 - 26) = \mathbf{-31,028 \text{ W}}$$

Celkový tepelný zisk venkovními stěnami:

$$\dot{Q}_s = \dot{Q}_{sJV} + \dot{Q}_{sp} = 4,209 - 31,06 = \mathbf{-26,819 \text{ W}}$$

8.2.4 Tepelný zisk z přívodu čerstvého větracího vzduchu

Určen ze vztahu 7.30. Množství větracího vzduchu pro vyvětrání místnosti je 25 m³/h. Hustota vzduchu je 1,2 kg/m³. Měrná tepelná kapacita vzduchu je 1000 J/kgK. Vnitřní teplota je 26 °C a venkovní 26,5 °C.

$$\dot{Q}_L = \frac{25}{3600} \cdot 1,2 \cdot 1000 \cdot (26,5 - 26) = 4,167 \text{ W}$$

8.3 Vodní zisky

Vodní zisky jsou z produkce páry od lidí a započítávají se do tepelné zátěže klimatizovaného prostoru pouze v případě, pracuje-li klimatizační zařízení s vnitřním vzduchem. V místnosti se nachází 1 dítě. Produkce páry od lidí se vypočítá ze vztahu 7.31. Produkce páry od jednoho člověka je 116 g/h.

$$\dot{m}_{wl} = 116 \cdot 0,75 = 87 \frac{\text{g}}{\text{h}}$$

Poté tepelná zátěž vázaným teplem ze vztahu 7.32

$$\dot{Q}_{iv} = \frac{87 \cdot 2,5 \cdot 10^6}{1000 \cdot 3600} = 60,417 \text{ W}$$

8.4 Celkové tepelné zisky (citelné teplo)

Je to součet všech vypočtených tepelných zisků s výjimkou zisku z přívodu čerstvého vzduchu a vodního zisku. Vypočte se ze vztahu 7.33.

$$\sum \dot{Q} = 46,5 + 0 + 50 + 2,1 + 35,04 + 1,242 + 603,41 - 26,82 = 711,472 \text{ W}$$

8.5 Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru

Je to součet všech tepelných zisků včetně tepelného zisku z přívodu čerstvého vzduchu a tepelného zisku vázaným teplem. Vypočte se ze vztahu 7.34

$$\dot{Q}_i = 711,472 + 4,167 + 60,417 = 776,056 \text{ W}$$

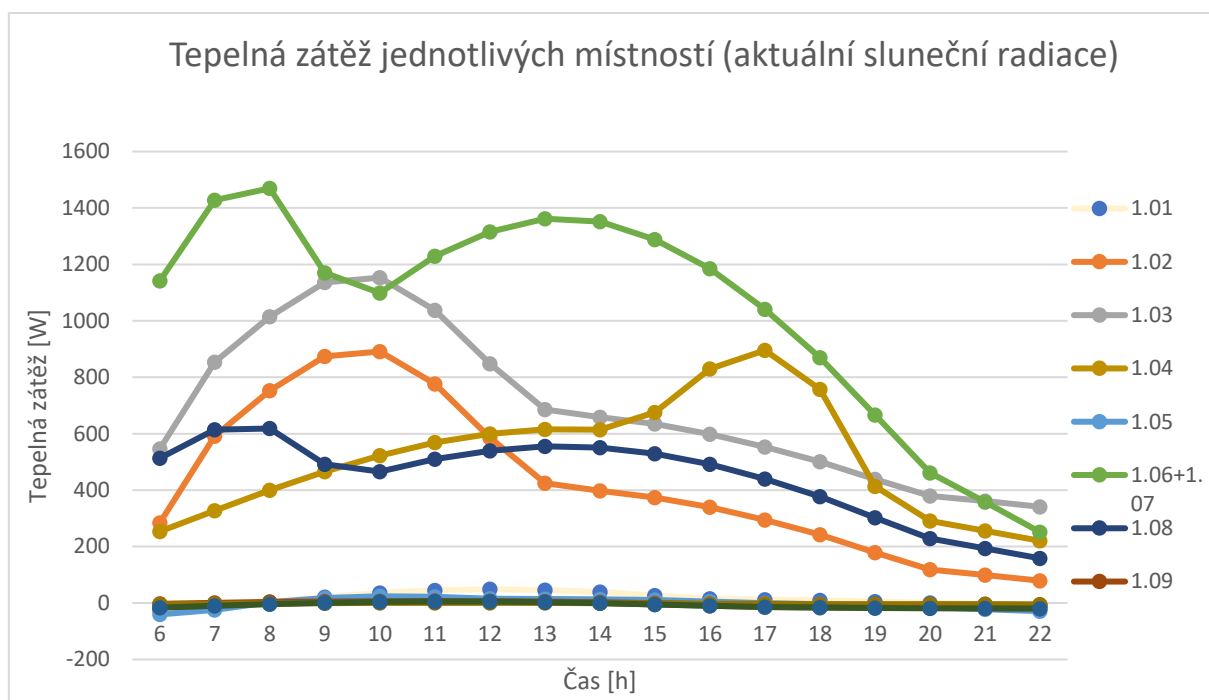
V tabulce 8.3 se nachází souhrn všech zisků pro pokoj 1.02.

Grafické znázornění tepelných zisků je na obrázku 8.1 a 8.2. Na prvním obrázku se nachází tepelné zisky bez uvažování průměrných hodnot zisků sluneční radiací a na druhém jsou zisky s uvažováním průměrných hodnot. Obrázek 8.3 porovnává celkové tepelné zisky v domě, kdy modrá křivka vyjadřuje celkový zisk bez uvažování průměrů zisků sluneční radiací a oranžová křivka je se započtením průměrných hodnot.

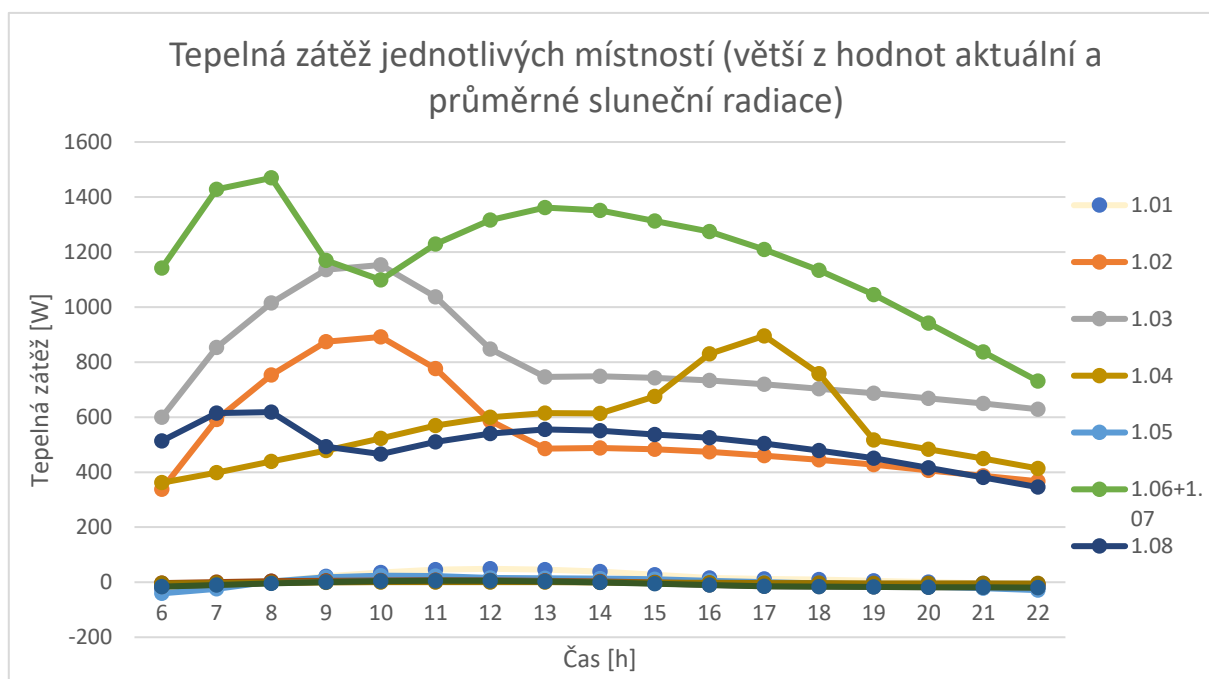
Tepelné zisky pro jednotlivé místnosti a pro všechny hodiny aktivního (mimo spánek) užívání objektu se nachází v příloze č. 5.

Tab. 8.3 Souhrn zisků pro místnost 1.02

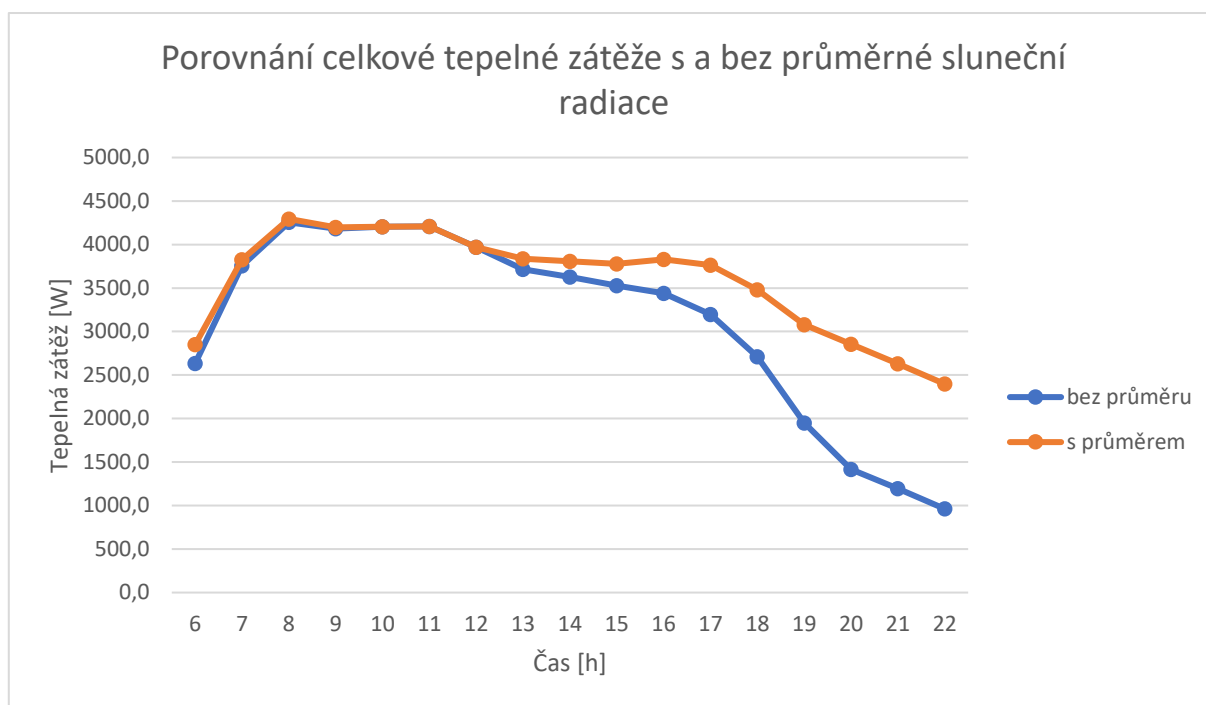
Tepelné zisky místnosti 1.02		
Tepelný zisk z vnitřního prostředí		
Produkce tepla od lidí	\dot{Q}_l	46,5 W
Produkce tepla od svítidel	\dot{Q}_{sv}	0 W
Produkce tepla od elektrozařízení	\dot{Q}_e	50 W
Produkce tepla od ventilátorů	\dot{Q}_v	2 W
Produkce tepla ze sousedních místností	\dot{Q}_{vm}	35 W
Tepelný zisk z vnějšího prostředí		
Tepelný zisk prostupem okny	\dot{Q}_{ok}	1 W
Tepelný zisk sluneční radiací	\dot{Q}_{ro}	603 W
Tepelný zisk vnějšími stěnami	\dot{Q}_s	-27 W
Celkový zisk citelným teplem	$\sum \dot{q}$	711
Tepelný zisk z přívodu větracího vzduchu	\dot{Q}_L	4 W
Vodní zisk (vázané teplo)	\dot{Q}_{iv}	60 W
Celková tepelná zátěž	\dot{Q}_i	775 W



Obr. 8.1 Tepelná zátěž jednotlivých místností s aktuální sluneční radiací



Obr. 8.2 Tepelná zátěž jednotlivých místností s uvažováním větší z hodnot aktuální a průměrné sluneční radiace



Obr. 8.3 Porovnání celkové tepelné zátěže s aktuální tepelnou zátěží sluneční radiací a s uvažováním větší z hodnot aktuální a průměrné zátěže sluneční radiace

9 Chlazení

V současnosti, kdy je trendem snižování nákladu na energii vynaloženou na topení a chlazení, dochází k zateplování a utěšňování obálek domů a bytů. To spolu s růstem venkovních teplot v letních měsících zapříčiňuje přehřívání interiérů v rodinných domech, v bytech, kancelářích atd. A také z důvodu toho, že jsou čím dál častější tropické noci, kdy teplota neklesne pod 20 °C a nelze tedy dostatečně ochladit interiér ani otevřením oken v nočních hodinách, tak je čím dál potřebnější, k zajištění tepelné pohody, chlazení i v rodinných a bytových domech.

Tepelné zisky se dělí na vnitřní a vnější. Jelikož se domy v současné době zateplují a utěšňují, tak se snižuje vliv vnějších tepelných zisků, které lze ještě více eliminovat díky pasivní a aktivní stínící technice. Mezi pasivní patří slunolamy, přesahy střech a ostění oken. Aktivními prvky jsou žaluzie, rolety, markýzy, závěsy a záclony. Poté je největší zisk od vnitřních zdrojů, do kterých se řadí zisky od lidí, elektrozařízení, svítidel a zisk od ventilátorů.

Existuje několik způsobů, kterými lze chladit. Od split jednotek přes VRF systémy až po vřazení chladiče do vzduchotechnického potrubí.

Pro chlazení rodinného domu uvedeného v této práci byly vybrány dvě varianty chlazení. První variantou je vřazení chladiče hned za vzduchotechnickou jednotku a tím se přivede ochlazený vzduch do jednotlivých místností přímo vzduchotechnickým potrubím. Druhá možnost využívá klasických multi-split jednotek, kdy je jedna venkovní a 5 vnitřních jednotek.

Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru pro chladič je v příloze č.6 a pro multi-split jednotku je v příloze č.7. Rozdíl v tepelných zátěžích je v tom, že multi-split jednotka pracuje s vnitřním vzduchem, a tudíž je potřeba do tepelné zátěže klimatizovaného prostoru započítat i vodní zisky od lidí, protože může docházet ke kondenzaci. Chladič pracuje se vzduchem venkovním, a tudíž pracuje s vázaným teplem z venkovního vzduchu a kompenzuje pouze citelné teplo vnitřního prostoru.

9.1 Freonový chladič MKF 250

Jak již bylo napsáno, první variantou je vřazení chladiče do vzduchotechnického rozvodu. Jedná se o freonový chladič, který je na obrázku 9.1. Tento chladič je určen do kruhového potrubí, protože vstup a výstup z chladiče má kruhový průřez. Hlavní část chladiče je obdélníková o rozměrech 383×335 mm. Chladič obsahuje také vanu pro odvod kondenzátu. Je z galvanizovaného plechu. Použité chladivo je R410a. Venkovní kondenzační jednotkou pro tento chladič bude jednotka od firmy LG s výkonem 3,7 kW [7].

Jak plyne z výpočtu tepelné zátěže jednotlivých místností, tak je potřeba chladit pouze ty místnosti, do kterých je přiváděn větrací vzduch, tudíž je tato varianta chlazení vhodná a dostačující a není potřeba do žádné místnosti zařadit nějaké přídatné chlazení, např. split jednotku.

Tento chladič lze vložit do všech tří variant pro větrání viz kapitoly 5.1, 5.2 a 5.3. V každé z variant bude vložen do úseku, který je hned za větrací jednotkou. Je potřeba počítat s tím, že se zvýší tlaková ztráta z důvodu vřazení chladiče a osových přechodů pro propojení potrubí s chladičem.

Chladič má vstupní i výstupní průměr 250 mm, takže bude potřeba použít u variant větrání 2 a 3 osový přechod 250/160 a u varianty 1 bude potřeba použít dva osově přechody na vstupu a dva na výstupu, a to 250/140 a 150/140, protože přechod 250/150 dodavatel nedodává [7].



Obr. 9.1 freonový chladič MKF 250 [7]

Výkon chladiče při čelní rychlosti 2 m/s je 3,7 kW a má maximální průtok 660 m³/h. Tato varianta je při relativní vlhkosti 30 %. Tlaková ztráta při rychlosti 2 m/s je 46 Pa. Chladicí výkon u této varianty je dostatečný [7].

Tento výkon ovšem není dostatečný při daných průtocích vzduchu. Vzduch by bylo nutné chladit zhruba na $-14\text{ }^{\circ}\text{C}$, což je nevhodné, protože by došlo k zamrznutí. Při aplikaci nezmrazné teploty, což je $5\text{ }^{\circ}\text{C}$, má chladič výkon cca 2,1 kW, což je nedostatečné. Pro zvýšení výkonu a pro vychlazení jednotlivých místností je potřeba zvýšit průtoky do daných místností.

Požadavkem je, aby byl před chladič instalován filtr, což je splněno tím, že je před ním větrací jednotka, ve které se filtr nachází. Dalším požadavkem je, aby rychlost nepřekročila 5 m/s, což je také splněno.

Dodavatel dodává tento chladič za 19 140 Kč bez DPH a výhodou je, že nepotřebuje samostatný servis a bude zkontrolován při servisní prohlídce vzduchotechnického zařízení [7].

9.2 Multi-split jednotka

Druhou variantou je chlazení pomocí multisplit jednotky, na kterou lze připojit až 5 vnitřních jednotek. V tomto případě se využije možnosti připojení všech pěti vnitřních jednotek, protože je potřeba chladit ve všech třech pokojích, v ložnici a také v místnosti, která sestává z obývacího pokoje, kuchyně a jídelny. V poslední místnosti je tepelný zisk nejvyšší, protože je to místnost největší a předpokládá se výskyt maximálního počtu lidí obývacího dům [23].

Byla vybrána jednotka Haier viz obr. 9.2, která má chladicí výkon až 10 kW. Jednotku lze využít i k vytápění s výkonem 10,5 kW. Jednotka má chladicí faktor 3,0 a topný faktor 3,8. Tato jednotka chladí pomocí chladiva R32, které je z hlediska koeficientu GWP ekologičtější než chladivo R410a. Tato venkovní jednotka disponuje hlučností ve vzdálenosti 1 m od jednotky asi 55 dB [23].

Jako vnitřní jednotky byly zvoleny jednotky Dawn s chladicím výkonem 2 kW viz obrázek 9.3. Protože v žádné místnosti není tepelný zisk vyšší než 1,5 kW, tak jsou tyto vnitřní jednotky dostatečné. Jedná se o nástěnné jednotky s tichým chodem, senzory pohybu, wi-fi ovládáním a dodavatel garantuje snadnou instalaci [23].



Obr. 9.2 Venkovní jednotka Haier 10 kW [23]

Venkovní jednotka se dodává za cenu 52 814 Kč bez DPH. Jedna vnitřní jednotka vyjde na 12 687 Kč bez DPH [23].

Výkres s rozvody od venkovní jednotky ke všem vnitřním jednotkám a umístění jednotek v jednotlivých místnostech je v příloze č. 4.



Obr. 9.3 Vnitřní jednotka Haier Dawn 2 kW [23]

10 Pořizovací, montážní, servisní a provozní náklady větracích a chladicích jednotek

Při výběru způsobu větrání, chlazení i vytápění je pro investora obvykle velmi důležitá cena zdroje či jednotky, ale také montáže, servisu a provozních nákladů. Proto je při návrhu důležité cenové porovnání jednotlivých variant.

10.1 Větrací jednotky

Pořizovací náklady jsou vždy vyšší než náklady na servis a provoz. U větracích jednotek jsou instalovány úsporné ventilátory, tudíž je spotřeba malá. Ta se zvyšuje, pokud je k jednotce potřeba přikoupit přehřev, aby nedošlo k zamrznutí v zimním období, kdy teplota poklesne pod 0 °C. Někteří výrobci se snaží vyrábět jednotky, které tento přehřev nepotřebují, aby zákazník ušetřil na provozních nákladech.

Způsobů, kterými lze určit spotřebu jednotky, je hned několik. Jednou z možností je určení z jmenovitého elektrického příkonu, který nalezneme v certifikátu od Passive House Institute. Pokud není jednotka certifikovaná od této instituce, tak výrobce většinou uvádí příkon jednotky, při daném průtoku vzduchu a z toho lze získat přibližný jmenovitý příkon.

Vzorec 10.1 uvádí výpočet s pomocí jmenovitého elektrického přehřevu, kdy je potřeba rozdělit si výkon na stupně, ve kterých jednotka pracuje a k nim určit dobu, po jakou během dne jednotka pracuje v tomto stupni. Bude uvažováno s konstantním jmenovitým příkonem

$$P_{ji} = \sum_{i=1}^n \frac{P_{el,spec} \cdot \dot{V}_i \cdot \tau_{Si}}{1000} \quad (10.1)$$

kde:

P_{ji}	[kWh]	spotřeba elektrické energie jednotky pro určené dny (pracovní dny, svátky a víkendy, dovolená)
$P_{el,spec}$	[Wh/m ³]	jmenovitý elektrický příkon
\dot{V}_i	[m ³ /h]	objemový průtok daného výkonového stupně
τ_{Si}	[h]	doba využívání daného výkonového stupně za rok

Pokud je pro jednotku potřeba instalovat přehřev, aby nedošlo k zamrznutí v zimních měsících, musí se k vypočtené spotřebě jednotky připočítat také spotřeba přehřevu. Tu je potřeba počítat pouze u jednotky Ventbox 300 Standard a vypočítá se podle vzorce 10.2.

$$P_{pred} = \frac{U \cdot I_0 \cdot \tau}{1000} \quad (10.2)$$

kde:

P_{pred}	[kWh/rok]	spotřeba elektrické energie přehřevu za rok
U	[V]	napětí sítě (230 V)
I_0	[A]	elektrický proud
τ	[h]	doba využívání přehřevu za rok

Rozdělení do výkonových stupňů bude vycházet z objemového průtoku jednotky, která ho má nejnižší. Tou je Futura 250 s maximálním průtokem 250 m³/h a pro porovnání budou všechny jednotky pracovat s tímto průtokem. Rozdělení se bude lišit pro pracovní dny, víkendy a státní svátky a období, kdy bude rodina na dovolené.

V období pracovních dnů bude nejvyšší možný průtok využíván 3 hodiny denně. Dále 50 m³/h bude využíváno 6 hodin denně, a to v době, kdy budou dospělí v práci a děti ve škole. 100, 150 a 200 m³/h bude využíváno shodně 5 hodin denně. Provozní schéma pro pracovní dny uvádí tabulka 10.1.

Během víkendů a státních svátků se průtok 250 a 100 m³/h využije 3 hodiny, 200 a 150 m³/h se využije 9 hodin a 50 m³/h se nebude využívat. Rozdělení do výkonových stupňů uvádí tabulka 10.2.

V období rodinné dovolené, uvažuje se 7 dnů v roce, se bude využívat minimální průtok 50 m³/h po celý den viz tab. 10.3.

Vychází se z kalendáře pro rok 2019, kdy bude 14 státních svátků, z nichž 3 vychází na víkend, bude 52 víkendů, což je 104 víkendových dnů, a tudíž pracovních dnů je 250. Uvažuje se s dovolenou na 5 pracovních dnů a 2 víkendové. Rozdělení dnů v roce je v tabulce 10.4.

Výpočet podle vzorce 10.1 je potřeba vypočítat pro pracovní dny, svátky a víkendy a pro dovolenou. Výsledná spotřeba je poté dána jejich součtem.

$$P_j = \sum_{i=1}^n P_{ji} \quad (10.3)$$

kde:

P_j	[kWh/rok]	spotřeba elektrické energie jednotky za rok
-------	-----------	---

Tab. 10.1 Provozní schéma pro pracovní dny

Objemový průtok [m ³ /h]	Doba provozu [h/den]	Doba provozu [h/rok]
50	6	1470
100	5	1225
150	5	1225
200	5	1225
250	3	735
CELKEM	24	5880

Tab. 10.2 Provozní schéma pro víkendy a státní svátky

Objemový průtok [m ³ /h]	Doba provozu [h/den]	Doba provozu [h/rok]
50	0	0
100	3	339
150	9	1017
200	9	1017
250	3	339
CELKEM	24	2712

Tab. 10.3 Provozní schéma pro dovolenou

Objemový průtok [m ³ /h]	Doba provozu [h/den]	Doba provozu [h/rok]
50	24	168
100	0	0
150	0	0
200	0	0
250	0	0
CELKEM	24	168

Tab. 10.4 Rozdělení dnů v roce

Typ dne	Počet [den]	Doba trvání [h/rok]
Pracovní den	245	5880
Státní svátek a víkend	113	2712
Dovolená	7	168
CELKEM	365	8760

Průměrný počet hodin, kdy teplota klesne pod 0 °C, byl zjištěn z meteorologických dat pro určenou oblast. Jedná se o data z let 2007-2016 a výsledek činí 1164 hodin [24].

Provozní náklady se určí z rovnice 10.4. Jedná se o součet spotřeby elektrické energie jednotky a přehřevu a následné vynásobení sazbou na 1 kWh. Cena elektřiny byla zjištěna od dodavatele pro danou oblast a činí 4,82 Kč/kWh. Jedná se o údaj platný pro rok 2019.

$$N_{pr,rok} = (P_j + P_{pred}) \cdot N_{1kWh} \quad (10.4)$$

kde:

$N_{pr,rok}$ [Kč/rok] provozní náklady za rok
 N_{1kWh} [Kč/kWh] náklady na jednu kilowatthodinu

10.1.1 Jablotron Futura 250

Firma Jablotron prodává svou jednotku Futura 250 za 73 000 Kč bez DPH, v této hodnotě je zahrnut nástěnný ovladač s CO₂ čidlem, přídavné topení, pylové filtry F7 a kompletní správu pomocí mobilní aplikace. V tabulce 10.5 jsou uvedeny ceny, které si firma účtuje za pořízení jednotky, dále se zde nachází částky za potrubní, regulační a montážní prvky. Další položkou v seznamu je jednotná cena za montáž, instalaci a regulaci. Cena dopravy se odvíjí od dopravce. Čidla CO₂ a vlhkostní čidla jsou zahrnuty v položce regulační prvky. Potrubní a regulační prvky jsou rozepsány v příloze 1.2 [17].

Tab. 10.5 Pořizovací náklady (varianta 1)

Položka	Cena bez DPH [Kč]
Jednotka	73 000
Potrubní prvky	54 931
Regulační prvky	44 722
Montáž, instalace, regulace	33 000
CELKEM	205 653

Další položkou, se kterou musí uživatel počítat, jsou roční náklady na provoz. Tam se řadí servis, který se provádí jednou za rok a spočívá ve zkontrolování a odzkoušení celé trasy vzduchovodů včetně jednotky. Součástí servisu je i výměna filtrů, kdy jedna sada filtrů vyjde na 760 Kč. Náklady na spotřebovanou elektrickou energii jsou dalším pravidelným ročním výdajem. V tomto případě se určí ze vzorců 10.1, 10.3 a 10.4, protože jednotka dokáže pracovat bez přehřevu až do -19 °C, jelikož je výpočtová teplota pro tuto oblast v zimním období -12 °C, tak odpadá nutnost použití přehřevu. Jmenovitý elektrický příkon jednotky je 0,43 Wh/m³. Pro výpočet spotřeby elektrické energie za rok je potřeba počítat se všemi režimy, které během roku nastanou. Spotřeba pro jednotlivé režimy a celková spotřeba se nachází v tabulce 10.6. Následující výpočet udává spotřebu pro režim pracovních dnů, jehož provozní schéma udává tabulka 10.1 [25].

$$P_{11} = \frac{0,43 \cdot 50 \cdot 1470}{1000} + \frac{0,43 \cdot 100 \cdot 1225}{1000} + \frac{0,43 \cdot 150 \cdot 1225}{1000} + \frac{0,43 \cdot 200 \cdot 1225}{1000} + \frac{0,43 \cdot 250 \cdot 735}{1000} = 347,655 \text{ kWh}$$

Výpočet je třeba opakovat pro všechny režimy provozu.

Tab. 10.6 Spotřeba elektrické energie pro jednotlivé režimy užívání (varianta 1)

Režim užívání	Počet dnů užívání režimu	Spotřeba [kWh]
Pracovní den	245	348
Státní svátek a víkend	113	204
Dovolená	7	4
CELKEM	365	556

Do spotřeby se neuvažuje s integrovaným ohřevem, protože díky zpětnému získávání tepla se vzduch ohřeje na určitou teplotu a následný dohřev je individuální podle potřeb uživatele. Roční náklady na provoz jednotky se určí podle vzorce 10.4.

$$N_{pr/rok} = (555,345 + 0) \cdot 4,82 = \mathbf{2\,676,763\,Kč}$$

Cena každoročního servisu včetně výměny filtrů je 1500 Kč. Celkové roční náklady na jednotku Futura 250 jsou **4 176,763 Kč** bez DPH.

10.1.2 Wafe 350 EFS

Tato jednotka se prodává za 74 000 Kč bez DPH, v ceně jednotky jsou zahrnuty čidla CO₂ a vlhkosti, nástěnný ovladač a také filtry na straně přívodu i odvodu vzduchu. Tabulka 10.7 uvádí částky, za které lze pořídit jednotku, potrubní a regulační prvky, ty jsou rozepsány v příloze 2.2 a také ceny za montáž, instalaci a zaregulování systému [18].

Tab. 10.7 Pořizovací náklady (varianta 2)

Položka	Cena bez DPH [Kč]
Jednotka	74 000
Potrubní prvky	53 355
Regulační prvky	3 068
Montáž, instalace, regulace	31 000
CELKEM	161 423

Tato jednotka, stejně jako předchozí, nepotřebuje přehřev, tudíž se spotřeba elektrické energie bude skládat pouze ze spotřeby samotné jednotky. Jelikož má stejný jmenovitý elektrický příkon jako jednotka od firmy Jablotron, a to 0,43 Wh/m³, bude mít i naprosto stejnou spotřebu, jelikož u všech jednotek se počítá se stejnými režimy užívání během jednoho roku. Celkovou spotřebu elektrické energie v jednotlivých režimech uvádí tabulka 10.8 [25].

Tab. 10.8 Spotřeba elektrické energie pro jednotlivé režimy užívání (varianta 2)

Režim užívání	Počet dnů užívání režimu	Spotřeba [kWh]
Pracovní den	245	348
Státní svátek a víkend	113	204
Dovolená	7	4
CELKEM	365	556

Roční náklady na provoz jednotky se určí ze vzorce 10.4.

$$N_{pr/rok} = (555,345 + 0) \cdot 4,82 = \mathbf{2\,676,763\,Kč}$$

Firma uvádí, že součástí servisu je pouze každoroční výměna filtrů, kterou si provádí zákazník sám. Balíček potřebných filtrů vyjde na 1 652 Kč bez DPH. Pro přívod jsou to filtry F7 a odtah M5. Celková částka za roční provoz jednotky je **4 328,763 Kč** bez DPH.

10.1.3 Ventbox 300 Standard

Firma ThermWet si svou jednotku cení na 65 900 Kč bez DPH, kdy je v ceně ovládání přes webové rozhraní, proti mrazová ochrana a filtry potřebné k rekuperační jednotce. Naopak čidla RH a CO₂ je potřeba přikoupit zvlášť. Tabulka 10.9 udává ceny za jednotku, potrubní a regulační prvky, které jsou v příloze 3.2, a za montáž, instalaci a regulaci. Úctované částky za čidla CO₂ a RH jsou zahrnuty v položce regulační prvky [19].

Tab. 10.9 Pořizovací náklady (varianta 3)

Položka	Cena bez DPH [Kč]
Jednotka	65 900
Potrubní prvky	40 369
Regulační prvky	56 611
Montáž, instalace, regulace	31 305
CELKEM	194 185

Tato jednotka jako jediná z všech tří variant potřebuje přehřev, tudíž se na spotřebě elektrické energie bude podílet také spotřeba na přehřev. Spotřeba jednotky se vypočítá podle vzorce 10.1 a 10.3. Celkovou spotřebu a spotřebu jednotlivých režimů provozu udává tabulka 10.10.

Jednotka nemá certifikát od Passive House Institute a výrobce neudává jmenovitý příkon, proto je potřeba ho vypočítat. To se provede z uváděného příkonu při maximálním průtoku vzduchu. Firma uvádí že jednotka má při 300 m³/h příkon 157 W. Podle následujícího výpočtu se určí jmenovitý příkon [19]:

$$p_{el,spec} = \frac{P}{\dot{V}} = \frac{157}{300} = 0,52 \frac{Wh}{m^3}$$

kde:

P [W] příkon jednotky při daném průtoku

Tab. 10.10 Spotřeba elektrické energie pro jednotlivé režimy užívání (varianta 3)

Režim užívání	Počet dnů užívání režimu	Spotřeba [kWh]
Pracovní den	245	420
Státní svátek a víkend	113	247
Dovolená	7	4
CELKEM	365	671

Spotřeba elektrické energie na provoz přehřevu, který bude funkční 1164 hodin v roce se vypočítá podle rovnice 10.2. Jednotka pracuje při běžném napětí 230 V a proud pro přehřev je 7,9 A.

$$P_{pred} = \frac{230 \cdot 7,9 \cdot 1164}{1000} = 2\,114 \frac{kWh}{rok}$$

Náklady na spotřebovanou energii se určí podle rovnice 10.4

$$N_{pr/rok} = (671,58 + 2114) \cdot 4,82 = \mathbf{13\,431,16\,Kč}$$

Celková cena za provoz jednotky během jednoho roku včetně servisu, výměny filtrů (kterou si zákazník provádí sám) vyjde na **15 721,16 Kč** bez DPH. Balíček potřebných filtrů vyjde na 2 290 Kč bez DPH. Pro přívod jsou to filtry F7 a odtah M5.

10.2 Chladicí jednotky

Stejně jako u větracích jednotek platí, že jsou pořizovací náklady chladicích zařízení vyšší než náklady provozní. Při výpočtu provozních nákladů se vyjde ze stejných rovnic jako v případě větracích zařízení.

Roční spotřeba energie pro vychlazení místností na požadovanou teplotu byla určena v programu TRNSYS a její hodnota je 679 kWh.

10.2.1 Freonový chladič

V tabulce 10.11 jsou uvedeny ceny na pořízení venkovní jednotky, chladiče a na montáž, dopravu, instalaci a zprovoznění. Pro montáž se počítá s cenou 900 Kč bez DPH za 1 m potrubí. Instalace venkovní jednotky vyjde stejně, jako v případě multisplit jednotky, a to 9 000 Kč bez DPH včetně montáže potrubí. Instalace chladiče vyjde zhruba na 1 000 Kč bez DPH [7].

Tab. 10.11 Pořizovací náklady Chladiče a kondenzační jednotky

Položka	Cena bez DPH [Kč]
Kondenzační jednotka	42 012
Chladič	19 140
Doprava	2 500
Montáž, instalace, zprovoznění	9 900
CELKEM	73 552

Roční spotřeba energie venkovní jednotky dle dodavatele je 213 kWh (chlazení). Ovšem tato jednotka nedokáže jednotlivé místnosti dostatečně vychladit a pro výpočet bude použita hodnota určená v programu TRNSYS. Roční náklady na provoz chlazení pomocí chladiče a kondenzační jednotky se určí z rovnice 10.4.

$$N_{pr,rok} = (679 + 0) \cdot 4,82 = \mathbf{3\,272,78\,Kč}$$

Pravidelný roční servis vyjde zákazníka asi na 2 500 Kč bez DPH. Celkové roční náklady na provoz a údržbu jsou **5 772,78 Kč** bez DPH.

10.2.2 Multi-split jednotka

Tabulka 10.12 uvádí ceny, které si účtuje firma za jednu venkovní a pět vnitřních jednotek, dále za montáž, instalaci a zprovoznění celého systému a za dopravu materiálu na místo určení. Firma si účtuje za instalaci a zprovoznění venkovní jednotky 9 000 Kč bez DPH a jedné vnitřní jednotky 1 000 Kč bez DPH. Cena za montáž 1 m potrubí je 900 Kč bez DPH (je započtena i cena potrubí) [23].

Tab. 10.12 Pořizovací náklady Multi-split jednotky

Položka	Cena bez DPH [Kč]
Venkovní jednotka	52 814
Vnitřní jednotky (5)	63 435
Doprava	2 500
Montáž, instalace, zprovoznění	64 400
CELKEM	183 149

Dodavatel uvádí, že příslušná vnější jednotka s pěti vnitřními má sezónní potřebu energie na chlazení 537 kWh, což je hodnota přibližující se té, která byla vypočtena v programu TRNSYS. Pro výpočet se použije hodnota z programu TRNSYS, tak jako u chladiče. Poté náklady na chlazení:

$$N_{pr,rok} = (679 + 0) \cdot 4,82 = \mathbf{3\,272,78\,Kč}$$

Do ročních nákladů se musí započítat i pravidelný servis. Ten musí být proveden dvakrát ročně a vyjde na 3 500 – 5 000 Kč bez DPH. Bude započtena ta méně výhodná varianta, tudíž servis vyjde na 5 000 Kč. Celkové roční náklady na provoz a údržbu systému vyjdou na **8 272,78 Kč**.

10.3 Porovnání

Větrací jednotky

V tabulce 10.13 se nachází cenové porovnání vybraných větracích jednotek co se týče pořizovací ceny, ročních nákladů a servisních nákladů. V tabulce 10.14 je uvedena cena, kterou zákazník celkově zaplatí za 1 rok používání včetně pořizovacích nákladů a také kolik zaplatí za 10 let užívání včetně pořizovacích nákladů, z toho je možné určit, která jednotka se po finanční stránce vyplatí nejvíce.

Tab. 10.13 Cenové porovnání větracích jednotek

Jednotka	Pořizovací náklady [Kč] bez DPH	Provozní náklady bez přehřevu [Kč] bez DPH	Provozní náklady přehřevu [Kč] bez DPH	Roční servis [Kč] bez DPH
Futura 250	205 653	2 677	-	1 500
Wafe 350 EFS	161 423	2 677	-	1 652
300 Standard	194 185	3 237	10 189	2 290

Tab. 10.14 Roční náklady a náklady po 10 letech

Jednotka	Celkové náklady po 1. roce [Kč] bez DPH	Celkové náklady po 10 letech [Kč] bez DPH
Futura 250	209 830	247 423
Wafe 350 EFS	165 752	204 713
300 Standard	209 901	351 345

Chladicí jednotky

Tabulka 10.15 udává cenové porovnání dvou variant chlazení rodinného domu. Uvedené ceny jsou za pořízení, roční provoz a po 10 letech provozu.

Tab. 10.15 Cenové porovnání chladicích jednotek

Jednotka	Pořizovací náklady [Kč] bez DPH	Provozní náklady + servis [Kč] bez DPH	Náklady za 1 rok [Kč] bez DPH	Náklady za 10 let [Kč] bez DPH
MKF 250	73 552	5 773	79 325	131 282
Multisplit	183 149	8 273	191 422	265 879

Závěr

Úvod práce pojednává o možnostech větrání a chlazení v rodinném domě, o způsobech a principech přirozeného a nuceného větrání. V úvodu jsou také uvedeny součásti vzduchovodů a materiály, ze kterých mohou být vyrobeny. Další část se zabývá analýzou vybraného objektu, ten se skládá z 12 místností, 2 z toho jsou nevětrané. Šest místností je potřeba chladit. V práci je popsáno složení stavebních konstrukcí, ze kterých je dům zhotoven. Následuje pasáž, ve které se postupně rozebírají 3 varianty návrhu větrání, výpočet dimenzí potrubí, návrh distribučních prvků, výpočet tlakových ztrát a ověření, zda vyhovuje ventilátor v jednotlivých jednotkách

pro danou variantu větrání. V této části je ještě popsán způsob zaregulování celého systému. Dále je vypočítána tepelná zátěž objektu a navrženy 2 varianty chlazení objektu. Poslední část práce se zabývá porovnáním vstupních nákladů na jednotlivé varianty větrání a chlazení, také náklady na montáž, instalaci a regulaci. Nakonec je určeno provozní schéma, podle kterého jsou vypočteny provozní náklady na jeden rok. Do těchto nákladů se počítá také pravidelný roční servis.

V práci byly vypracovány tři různé varianty větrání. Byly použity různé varianty rozvětvení trasy vzduchovodů a také různá regulace, protože jednotlivé jednotky mají různý maximální vzduchový výkon. Každá z variant má své výhody a nevýhody. Při výběru vhodné varianty je potřeba zohlednit více faktorů než pouze cenu, která byla na konci této práce porovnávána. Výkresy rozvodů se nachází v příloze č. 1, č. 2 a č. 3.

Při výběru jednotky je potřeba také vzít v úvahu, zda jednotka pro svou funkci vyžaduje přehřev, který má za následek o dost vyšší provozní náklady než jednotky bez nutnosti přehřevu. Je však také nutné si ověřit, zda je jednotka bez přehřevu opravdu spolehlivá a vše pracuje tak, jak má.

U vybraných jednotek v této práci potřebuje přehřev pouze jednotka Ventbox 300 Standard, která díky tomu, že přehřev je již součástí základní výbavy, tak je druhou nejdražší jednotkou, co se týká pořizovacích nákladů, a navíc náklady na přehřev jsou 10 189 Kč bez DPH za rok, takže po finanční stránce je tato jednotka nejméně výhodná. Nicméně se předpokládá, že v zimním období budou jednotky bez přehřevu přivádět chladnější vzduch, který bude pravděpodobně potřeba ohřát, tudíž se provozní náklady těchto jednotek zvýší.

Naopak nejlevnější variantou je jednotka Wafe 350 EFS, která má vyšší vzduchový výkon, než je potřeba. Díky tomu se sníží hluchnost a zvýší se životnost zařízení. Má nejnižší pořizovací náklady na jednotku, montáž, instalaci a regulaci. Spotřeba energie je stejná s jednotkou od firmy Jablotron, pouze servis má o něco málo dražší, ale i tak je to finančně nejvýhodnější varianta. Má navrženo rozvětvení pomocí rozváděcích boxů a plastových flexibilních hadic. Tento typ rozvodu má vysoké tlakové ztráty, to se také potvrdilo při výpočtu, kdy tato varianta má nejvyšší tlakové ztráty. Většina dodavatelů také neudává, jakou tlakovou ztrátu má rozváděcí box. Výhodou plastových hadic je jejich snadná montáž, údržba a předpoklad pro delší životnost. Nevýhodou jsou již zmiňované vyšší tlakové ztráty, které způsobují vyšší hluchnost a mohou vést ke snížení životnosti jednotky.

Další dvě varianty mají rozvody pomocí ohebného hliníkového potrubí, které má nižší tlakovou ztrátu v přímých úsecích oproti plastovému potrubí. V ohybech však mohou vznikat velké tlakové ztráty. Pro snížení tlakových ztrát ve všech variantách by bylo vhodné použít Spiro potrubí, které má však složitější montáž. Rozvětvení je navrženo pomocí kalhotových

kusů, které mají velmi nízkou tlakovou ztrátu. To se projevilo i ve výpočtu, kdy varianta s flexi plastovým potrubím a rozváděcím boxem má největší tlakovou ztrátu.

Všichni dodavatelé, kteří byli kontaktováni ohledně větracích jednotek a vzduchovodů, preferují pro větrání rodinných domů a bytů rozvětvení pomocí flexi plastového potrubí a rozváděcího boxu. Hlavním důvodem je snadná montáž a údržba.

Pro chlazení domu byly vybrány dvě varianty. První sestává z chladiče, který se umístí přímo do rozvodu vzduchovodů hned za větrací jednotku. Tato varianta potřebuje ke své funkci ještě venkovní kondenzační jednotku. Druhá varianta je klasický multi-split systém s jednou venkovní a pěti vnitřními jednotkami. Výkres této varianty je v příloze č. 4.

Výhodou první varianty je cena a do místností není nutné instalovat vnitřní jednotky. Nevýhodou je dodávka stejně upraveného vzduchu do všech místností. Nelze si pro jednotlivé místnosti zvolit různou teplotu, na kterou ji chci vychladit. Hlavním negativem této varianty je to, že chladič nedokáže při daných průtocích větracího vzduchu vychladit jednotlivé místnosti na požadovanou teplotu. Při uvedených průtocích by se vzduch musel ochladit na -14 °C, což je nepříjemné, protože by došlo k zamrznutí výparníku. Z toho důvodu se pro chlazení použije varianta s multi-split jednotkou. Jejíž výhoda spočívá v možnosti chlazení každé místnosti na různou teplotu. Nevýhoda je cena a nutnost dalších rozvodů v domě, bez kterých by systém nefungoval. V první variantě se využijí již navrhnuté vzduchotechnické rozvody.

Po finanční stránce se rozhodně vyplatí varianta s chladičem a kondenzační jednotkou, protože za první rok zaplatí uživatel zhruba o 112 000 Kč bez DPH méně než v případě varianty dvě. Jenže tato varianta nedokáže splnit požadavky uživatele, a proto se využije multi-split jednotka, která vyjde na 183 149 Kč bez DPH s předpokládanými ročními náklady 8 273 Kč bez DPH.

Bibliografie

- [1] CHYSKÝ, Jaroslav a Karel HEMZAL. *Větrání a klimatizace*. 3., zcela přeprac. vyd. Brno: BOLIT-B Press, 1993. ISBN 80-901574-0-8.
- [2] SZÉKYOVÁ, Marta. *Větrání a klimatizace*. 1. české vyd. Bratislava: Jaga, 2006. ISBN 80-8076-037-3.
- [3] JANOTKOVÁ, Eva. *Technika prostředí*. 1. vyd. Praha: Mezinárodní organizace novinářů, 1991. ISBN 80-214-0258-x.
- [4] SZÉKYOVÁ, Marta, Robert BOĎO a Juraj HRADSKÝ. *Vetranie*. 1. vyd. Bratislava: Slovenská technická univerzita, 2002. Edícia skript. ISBN 80-227-1681-2.
- [5] RUBINOVÁ, Olga. *A10 - Navrhování vnitřního prostředí budov dle principů trvale udržitelné výstavby - větrání a klimatizace*. 1. vyd. Brno: Národní stavební centrum, 2012. ISBN 978-80-87665-09-1.
- [6] RUBINOVÁ, Olga a Aleš RUBINA. *Klimatizace a větrání*. 1. vyd. Brno: ERA group, 2004. Stavíme. ISBN 80-86517-30-6.
- [7] *Elektrodesign: Ventilátory, rekuperace, tepelná čerpadla, ventilace, příslušenství* [online]. c2003-2009 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <http://www.elektrodesign.cz/>
- [8] CIHELKA, Jaromír. *Vytápění, větrání a klimatizace*. 3., přeprac. a dopln. vyd. Praha: SNTL, 1984.
- [9] ZMRHAL, Vladimír. *Větrání rodinných a bytových domů*. 1. vyd. Praha: Grada, 2014. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-4573-2.
- [10] *Ytong* [online]. b.r. [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.ytong.cz/>
- [11] *Hodnoty fyzikálních veličin vybraných stavebních materiálů* [online]. c2001-2019 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/58-hodnoty-fyzikalnich-velicin-vybranych-stavebnich-materialu>
- [12] *Beton HOBBY* [online]. Borovany, b.r. [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: https://www.cemix.cz/data/files/technicky_l_beton_hobby1.pdf
- [13] *FATRAFOL 803, 803/V (803/VS)* [online]. Napajedla, 2019 [cit. 2019-04-12].
- [14] *Styrotherm plus 100* [online]. 2019 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://styrotrade.cz/de/produkty/fasady/izolace-pro-kontakti-zateplovaci-systemy-etcs/styrotherm-plus-100/>

- [15] *HELUZ MIAKO 23/62,5* [online]. 2019 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.heluz.cz/cs/vyrobek/heluz-miako-23-62-5-1>
- [16] *Technický katalog 2018* [online]. 2018 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: https://www.rako.cz/file/edee/katalogy/2018/technicky-katalog-2018_cz.pdf
- [17] *Rekuperační jednotka Jablotron Futura* [online]. Holešov, b.r. [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.jablotronlt.com/futura/>
- [18] *Wafe 350 EFS: Rekuperační jednotka* [online]. Praha, 2019 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.wafe.eu/produkt/wafe-350-efs>
- [19] *Ventbox 300* [online]. Praha, 2016 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: http://www.thermwet.cz/files/download/ThermWet_technicky_list_V300_2016.pdf
- [20] *ČSN EN 15665/Z1: Požadavky na větrání obytných budov*. Praha: Český normalizační institut, 2011.
- [21] *Výpočet místních odporů* [online]. Chlumec nad Cidlinou, c2006-2019 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.qpro.cz/Tlakova-ztrata-mistnimi-odpory-Strana-2>
- [22] *ČSN 73 0548: Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostor*. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1986.
- [23] *MULTISPLIT SYSTÉMY AŽ 1+5* [online]. Praha Čestlice, b.r. [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.e-klimatizace.cz/cs/multisplit-systemy-az-1-5/>
- [24] *Photovoltaic geographical information system* [online]. b.r. [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html
- [25] *Component Database* [online]. Darmstadt: Passihe House Institute, b.r. [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: https://database.passivehouse.com/en/components/list/ventilation_small

Seznam použitých symbolů a zkratek

Symbol	Jednotka	Veličina
a	[°]	sluneční azimut
A_n	[-]	tlakový součinitel pro návětrnou stranu
A_z	[-]	tlakový součinitel pro závětrnou stranu
b	[m]	šířka okna
B	[Pa ^{0,67}]	charakteristické číslo budovy
c	[m]	hloubka vodorovného slunolamu
c	[J/kg·K]	měrná tepelná kapacita
C	[-]	konstanta dané sítě
c_0	[-]	koeficient čistoty atmosféry
c_1	[-]	součinitel současnosti používání
c_2	[-]	součinitel průměrného zatížení
c_L	[J/kg·K]	měrná tepelná kapacita vzduchu
d	[m]	hloubka svislého slunolamu
d	[m]	průměr šachty
D	[-]	daný den v měsíci (1-31)
D	[m]	průměr potrubí
d_2	[m]	průměr oběžného kola
D_{norm}	[m]	normovaný průměr potrubí
e_1	[m]	délka vodorovného stínu
e_2	[m]	délka svislého stínu
f	[m]	vzdálenost svislého slunolamu od zasklení
g	[m/s ²]	gravitační zrychlení (9,81)
g	[m]	vzdálenost vodorovného slunolamu od zasklení
H	[m]	nadmořská výška
H	[m]	vzdálenost otvorů
h	[m]	výška okna
h	[°]	výška slunce nad obzorem
h	[m]	výška šachty
h_1	[m]	vzdálenost dolního otvoru od neutrální roviny
h_2	[m]	vzdálenost horního otvoru od neutrální roviny
i	[W]	intenzita přímé a difuzní sluneční radiace dopadající na stěnu
i	[-]	počet potrubí
i	[(m ³ /s)/(m·Pa ^{0,67})]	součinitel provzdušnosti spár
I_0	[A]	elektrický proud
I_0	[W/m ²]	sluneční konstanta (1350 W/m ²)
I_d	[W/m ²]	intenzita difuzní sluneční radiace
I_D	[W/m ²]	intenzita přímé sluneční radiace na libovolně orientovanou plochu
i_d	[-]	počet dětí
I_{Dk}	[W/m ²]	intenzita přímé sluneční radiace na plochu kolmou k slunečním paprskům
i_l	[-]	počet lidí v místnosti
i_m	[-]	počet mužů
I_{Ok}	[W/m ²]	celková intenzita sluneční radiace procházející standardním oknem
I_{Okd}	[W/m ²]	intenzita difuzní radiace procházející standardním oknem
i_z	[-]	počet žen

JV		jihovýchod
l	[m]	délka potrubí
l	[m]	délka spár
l_{23}	[J/kg]	měrné výparné teplo vody, $l_{23} = 2,5 \cdot 10^6 \frac{J}{kg}$
L_{eq}	[m]	ekvivalentní délka potrubí
$l_{šok}$	[m]	šířka okna
l_{vok}	[m]	výška okna
L_{wA}	[dB(A)]	hladina akustického výkonu zařízení měřená s filtrem A
M	[-]	daný měsíc v roce (1-12)
m	[kg]	hmotnost konstrukce
m	[-]	součinitel zmenšení teplotního kolísání
\dot{M}	[kg/s]	množství vzduchu
\dot{M}_e	[m³/s]	hmotnostní tok venkovního vzduchu
\dot{m}_p	[g/h]	produkce páry od jednoho člověka
\dot{m}_{wl}	[g/h]	produkce páry všech lidí v místnosti
N	[-]	počet místních odporů vřazených do úseku
N_{1kWh}	[Kč/kWh]	náklady na jednu kilowatthodinu
n_{hodin}	[-]	počet hodin
n_{ok}	[-]	počet oken
$N_{pr,rok}$	[Kč/rok]	provozní náklady za rok
NR		neutrální rovina
\dot{P}	[W]	potřebný příkon
\dot{P}	[W]	příkon jednotky při daném průtoku
\dot{P}	[W]	příkon svítidel
P_{c1}	[Pa]	celkový tlak v sacím hrdle
P_{c2}	[Pa]	celkový tlak ve výtlačném hrdle
P_{d1}	[Pa]	dynamický tlak v sacím hrdle
P_{d2}	[Pa]	dynamický tlak ve výtlačném hrdle
$P_{el,spec}$	[Wh/m³]	jmenovitý elektrický příkon
P_j	[kWh/rok]	spotřeba elektrické energie jednotky za rok
P_{ji}	[kWh]	spotřeba elektrické energie jednotky pro určené dny (pracovní dny, svátky a víkendy, dovolená)
P_n	[Pa]	tlak na návětrné straně
P_{pred}	[kWh/rok]	spotřeba elektrické energie přehřevu za rok
P_{s1}	[Pa]	statický tlak v sacím hrdle
P_{s2}	[Pa]	statický tlak ve výtlačném hrdle
P_t	[W]	teoretický výkon
P_z	[Pa]	tlak na závětrné straně
Q	[-]	koefficient ztráty v ohybu
\dot{Q}	[W]	tepelná zátěž $\dot{Q} = \dot{Q}_i + \dot{Q}_e$
\dot{Q}_e	[W]	produkce tepla od elektronických zařízení
\dot{Q}_e	[W]	vnější tepelná zátěž (ztráta)
\dot{Q}_i	[W]	celková zátěž klimatizovaného prostoru
\dot{Q}_i	[W]	vnitřní tepelná zátěž
\dot{Q}_{iv}	[W]	produkce tepla vázaným teplem
\dot{Q}_l	[W]	produkce tepla od lidí
\dot{Q}_L	[W]	tepelný zisk z přívodu čerstvého vzduchu
\dot{Q}_{ok}	[W]	tepelný zisk prostupem tepla okny

\dot{Q}_{or}	[W]	skutečný zisk sluneční radiací okny v danou hodinu
\dot{Q}_{orh}	[W]	skutečný tepelný zisk sluneční radiací okny v danou hodinu
\dot{Q}_{orh1}	[W]	tepelný zisk sluneční radiací okny v danou hodinu
\dot{Q}_{ori}	[W]	tepelný zisk sluneční radiací okny v danou hodinu
\dot{Q}_{orm}	[W]	průměrný zisk sluneční radiací okny za pracovní dobu
\dot{Q}_s	[W]	tepelný zisk vnější stěnou
\dot{Q}_{sm}	[W]	produkce tepla od sousedních místností
\dot{Q}_{sv}	[W]	produkce tepla od svítidel
\dot{Q}_v	[W]	produkce tepla od ventilátorů
r	[m]	poloměr oblouku
S	[m]	plocha stěny
s	[-]	součinitel stínících prvků
SELČ		středoevropský letní čas
S_i	[m ²]	plocha i-té stěny
S_{ok}	[m ²]	plocha okna
S_{os}	[m ²]	skutečná osluněná plocha
S_{pod}	[°C]	plocha podkroví
S_s	[m ²]	plocha vnější stěny
S_{str}	[°C]	plocha střechy
s_{troj}	[-]	stínící součinitel trojskla
$s_{žal}$	[-]	stínící součinitel vnitřních žaluzií
t_1	[°C]	teplota v klimatizované místnosti
t_{akum}	[m]	akumulační tloušťka stěny
t_D	[-]	propustnost standardního okna
t_{D0}	[-]	propustnost standardního okna
t_e	[°C]	teplota venkovního vzduchu
t_i	[°C]	teplota pod podkrovím
t_i	[°C]	teplota v místnosti
t_{is}	[°C]	teplota v místnosti za i-tou stěnou
t_o	[°C]	teplota odváděného vzduchu
t_{pod}	[°C]	teplota podkroví
t_r	[°C]	rovnocenná teplota povrchu
$t_{r\psi}$	[°C]	fázově posunutá teplota
t_{rm}	[°C]	průměrná teplota pro danou světovou stranu
t_s	[m]	tloušťka stěny
t_{skut}	[m]	skutečná tloušťka stěny
U	[V]	napětí sítě (230 V)
u_2	[m/s]	obvodová rychlost
U_i	[W/m ² K]	součinitel prostupu tepla i-té stěny
U_{ok}	[W/m ² K]	součinitel prostupu tepla okna
U_{pod}	[°C]	součinitel prostupu tepla stropu
U_s	[W/m ² K]	součinitel prostupu tepla vnější stěnou
U_{str}	[°C]	součinitel prostupu tepla střechy
\dot{V}	[m ³ /s]	objemový průtok
\dot{V}_i	[m ³ /h]	objemový průtok daného výkonového stupně
\dot{V}_{inf}	[m ³ /s]	objemový průtok vzduchu infilrací
\dot{V}_{max}	[m ³ /h]	maximální objemový průtok
\dot{V}_0	[m ³ /s]	průtok odváděného vzduchu

\dot{V}_p	[m ³ /s]	průtok přiváděného vzduchu
w	[m/s]	rychlost proudění (navržená)
w	[m/s]	rychlost proudění (skutečná)
w	[m/s]	rychlost větru
z	[-]	Linekeho zákal
α	[°]	úhel stěny s vodorovnou rovinou
α_e	[W/m ² K]	součinitel přestupu tepla na vnější straně
γ	[°]	azimutový úhel stěny (S=0°, V=90°, J=180°, Z=270°)
δ	[°]	sluneční deklinace
Δp	[Pa]	tlakový rozdíl
Δp	[Pa]	dopravní tlak ventilátoru
Δp_1	[Pa]	tlakový rozdíl v otvoru při zemi
Δp_2	[Pa]	tlakový rozdíl v otvoru u stropu
Δp_c	[Pa]	celkový tlak ventilátoru
Δp_i	[Pa]	tlaková ztráta ve větvi
$\Delta p_{l,1}$	[Pa/m]	měrná tlaková ztráta na metr potrubí
Δp_l	[Pa]	délková tlaková ztráta
Δp_m	[Pa]	místní tlaková ztráta
Δp_o	[Pa]	tlak v odváděcím otvoru
Δp_p	[Pa]	tlak v přiváděcím otvoru
Δp_z	[Pa]	tlaková ztráta
$\Delta \dot{Q}$	[W]	snížení zisků akumulací
Δt	[°C]	povolené kolísání teplot
ε	[-]	emisivita povrchu
ε	[-]	součinitel větrací rovnováhy
ξ	[-]	ztrátový součinitel
η_c	[-]	účinnost
η_m	[-]	účinnost elektromotoru
η_v	[-]	účinnost ventilátoru
θ	[°]	úhel mezi normálou osluněného povrchu a směrem paprsků
λ	[W/m·K]	součinitel tepelné vodivosti
λ	[-]	součinitel tření
λ	[-]	výkonové číslo
μ	[-]	průtokový součinitel
ρ	[kg/m ²]	plošná hustota
ρ	[kg/m ³]	hustota vzduchu
ρ_e	[kg/m ³]	hustota vnějšího vzduchu
ρ_i	[kg/m ³]	hustota vnitřního vzduchu
$\sum P$	[W]	suma příkonů všech elektronických zařízení
$\sum \dot{Q}$	[W]	celkový tepelný zisk
τ	[h]	doba využívání předeřevu za rok
τ	[h]	sluneční čas (hodina pro kterou je výpočet proveden)
τ_{Si}	[h]	doba využívání daného výkonového stupně za rok
φ	[-]	průtokové číslo
ψ	[-]	tlakové číslo
ψ	[h]	fázové posunutí teplotních kmitů
ψ	[°]	zemská šířka, pro ČR 50°

Seznam obrázků

Obr. 1.1 Rozdělení tlaků vyvolaných gravitací	14
Obr. 1.2 Rozložení tlaků na budově obtékané větrem	15
Obr. 2.1 Centrální klimatizační zařízení s obtokem vzduchu	20
Obr. 2.2 Chladič	25
Obr. 2.3 Plastové a hliníkové potrubí	30
Obr. 2.4 Tvarové kusy vzduchovodů	31
Obr. 2.5 Rozdělovací a připojovací kusy	31
Obr. 2.6 VEF 100	32
Obr. 2.7 Regulační prvky	32
Obr. 3.1 Půdorys domu	35
Obr. 4.1 Jablotron Futura	37
Obr. 4.2 Wafe 350 EFS	37
Obr. 4.3 Větrací jednotka Ventbox 300 Standard	38
Obr. 5.1 Schéma trasy vzduchovodů (varianta 1)	41
Obr. 5.2 Schéma trasy vzduchovodů (varianta 2)	42
Obr. 5.3 Schéma trasy vzduchovodů (varianta 3)	43
Obr. 6.1 Měrná tlaková ztráta SPIRO potrubí	46
Obr. 6.2 Osový přechod krátký s těsněním	47
Obr. 6.3 Koeficient ztráty v ohybu	48
Obr. 6.4 Tlaková ztráta v potrubí TERMOFLEX	53
Obr. 8.1 Tepelná zátěž jednotlivých místností bez uvažování průměrných hodnot sluneční radiace	77
Obr. 8.2 Tepelná zátěž jednotlivých místností s uvažováním průměrných hodnot sluneční radiace	77
Obr. 8.3 Porovnání celkové tepelné zátěže s uvažováním průměrných hodnot sluneční radiace a bez uvažování průměrných hodnot sluneční radiace	78
Obr. 9.1 Freonový chladič MKF 250	79
Obr. 9.2 Venkovní jednotka Haier 10 kW	80
Obr. 9.3 Vnitřní jednotka Haier Dawn 2 kW	81

Seznam tabulek

Tab. 3.1 Tabulka místností	33
Tab. 3.2 Vlastnosti materiálů	34
Tab. 4.1 Porovnání vybraných větracích jednotek	36
Tab. 5.1 Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15665/Z1/2011	39
Tab. 5.2 Základní návrh množství vzduchu k větrání	40
Tab. 6.1 Maximální rychlosti větrání v bytech a domech	44
Tab. 6.2 Výměna vzduchu – obě zóny otevřené (varianta č. 1)	49
Tab. 6.3 Výměna vzduchu – otevřená zóna 1 (varianta č. 1)	49
Tab. 6.4 Výměna vzduchu – otevřená zóna 2 (varianta č. 1)	50
Tab. 6.5 Rychlosti v přívodním potrubí (varianta č. 1)	51
Tab. 6.6 Rychlosti v odvodním potrubí (varianta č. 1)	51
Tab. 6.7 Distribuční prvky (varianta č. 1)	52
Tab. 6.8 Tlakové ztráty v přívodním potrubí (varianta č. 1)	53
Tab. 6.9 Tlakové ztráty v odvodním potrubí (varianta č. 1)	54
Tab. 6.10 Výměna vzduchu (varianta č. 2)	55
Tab. 6.11 Rychlosti v přívodním potrubí (varianta č. 2)	55
Tab. 6.12 Rychlosti v odvodním potrubí (varianta č. 2)	56
Tab. 6.13 Distribuční prvky (varianta č. 2)	56
Tab. 6.14 Tlakové ztráty v přívodním potrubí (varianta č. 2)	57
Tab. 6.15 Tlakové ztráty v odvodním potrubí (varianta č. 2)	57
Tab. 6.16 Výměna vzduchu (varianta č. 3)	58
Tab. 6.17 Rychlosti v přívodním potrubí (varianta č. 3)	58
Tab. 6.18 Rychlosti v odvodním potrubí (varianta č. 3)	59
Tab. 6.19 Distribuční prvky (varianta č. 3)	59
Tab. 6.20 Tlakové ztráty v přívodním potrubí (varianta č. 3)	60
Tab. 6.21 Tlakové ztráty v odvodním potrubí (varianta č. 3)	60
Tab. 8.1 Zisk z vedlejších místností	70
Tab. 8.2 Tepelné zisky radiací pro místnost 1.02 v jednotlivých pracovních hodinách	73
Tab. 8.3 Souhrn zisků pro místnost 1.02	76
Tab. 10.1 Provozní schéma pro pracovní dny	83
Tab. 10.2 Provozní schéma pro víkendy a státní svátky	83
Tab. 10.3 Provozní schéma pro dovolenou	83
Tab. 10.4 Rozdělení dnů v roce	83
Tab. 10.5 Pořizovací náklady (varianta 1)	84
Tab. 10.6 Spotřeba elektrické energie pro jednotlivé režimy užívání (varianta 1)	85
Tab. 10.7 Pořizovací náklady (varianta 2)	85
Tab. 10.8 Spotřeba elektrické energie pro jednotlivé režimy užívání (varianta 2)	85
Tab. 10.9 Pořizovací náklady (varianta 3)	86
Tab. 10.10 Spotřeba elektrické energie pro jednotlivé režimy užívání (varianta 3)	86
Tab. 10.11 Pořizovací náklady Chladiče a kondenzační jednotky	87
Tab. 10.12 Pořizovací náklady Multi-split jednotky	88
Tab. 10.13 Cenové porovnání větracích jednotek	88
Tab. 10.14 Roční náklady a náklady po 10 letech	88
Tab. 10.15 Cenové porovnání chladicích jednotek	89

Seznam příloh

Příloha č. 1	Výkres vzduchotechniky (varianta č. 1)
Příloha č. 1.1	Seznam položek (varianta č. 1)
Příloha č. 2	Výkres vzduchotechniky (varianta č. 2)
Příloha č. 2.1	Seznam položek (varianta č. 2)
Příloha č. 3	Výkres vzduchotechniky (varianta č. 3)
Příloha č. 3.1	Seznam položek (varianta č. 3)
Příloha č. 4	Výkres chlazení
Příloha č. 5	Tepelné zisky místností
Příloha č. 6	Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru pro chladič
Příloha č. 7	Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru pro multi-split systém

Příloha č. 1.1 – Seznam položek (varianta č. 1)

Číslo položky	Název	Dodavatel	Cena za kus bez DPH	Počet kusů	Cena celkem bez DPH
[-]	[-]	[-]	[Kč]	[-]	[Kč]
1.1	Futura 250	Jablotron	73 000	1	73 000
1.2	Venkovní mřížka	Elektrodesign	1 466	1	1 466
1.3	EPP koleno 45° 150	Elektrodesign	338	4	1 352
2.1	3-cestný ventil	Elektrodesign	1 328	1	1 328
2.2	Kalhotový kus 45° 150/125	Elektrodesign	629	3	1 887
2.3	Kalhotový kus 45° 125/100	Elektrodesign	454	3	1 362
2.4	Osový přechod 100/80	Elektrodesign	254	9	2 286
2.5	Osový přechod 125/80	Elektrodesign	180	3	540
2.6	VST 08-1	Elektrodesign	264	2	528
2.7	VST 10-1	Elektrodesign	290	3	870
2.8	VST 12-1	Elektrodesign	314	1	314
2.9	Škrťicí klapka 80	Elektrodesign	1 047	5	5 235
2.10	Škrťicí klapka 125	Elektrodesign	883	1	883
3.1	Kalhotový kus 45° 125/125	Elektrodesign	498	1	498
3.2	Osový přechod 125/100	Elektrodesign	200	1	200
3.3	Odbočka 125/125	Elektrodesign	276	1	276
3.4	VEF 080	Elektrodesign	189	2	378
3.5	VEF 100	Elektrodesign	241	1	482
3.6	IT-PRO 125	Elektrodesign	121	2	121
	Doběhový spínač 708	Elektrodesign	407	1	407
	Doběhový spínač 715	Elektrodesign	461	1	461
	Drátové čidlo CO ₂	Jablotron	3 620	5	18 100
	EPP potrubí (1 m)	Elektrodesign	821	17	13 957
	Nástěnný ovladač + CO ₂ č.	Jablotron	V ceně	1	V ceně
	Objímka 100	Elektrodesign	91	3	273
	Objímka 125	Elektrodesign	103	10	1 030
	Objímka 150	Elektrodesign	117	24	2 808
	Objímka 80	Elektrodesign	87	50	4 350
	Ocelová spona	Elektrodesign	27	20	540
	TERMOFLEX 100 (10 m)	Elektrodesign	1 690	1	1 690
	TERMOFLEX 125 (10 m)	Elektrodesign	1 860	1	1 860
	TERMOFLEX 150 (10 m)	Elektrodesign	2 170	1	2 170
	TERMOFLEX 80 (10 m)	Elektrodesign	1 560	6	9 360
	Spojka vnější 100	Elektrodesign	39	4	156
	Spojka vnější 125	Elektrodesign	41	5	205
	Spojka vnější 150	Elektrodesign	41	2	82
	Spojka vnější 80	Elektrodesign	34	17	578
	Spojka EPP	Elektrodesign	144	23	3 312
	Škrťicí klapka 125	Elektrodesign	638	1	638
	Škrťicí klapka 80	Elektrodesign	605	5	3 025
	Vlhkostní čidlo	Elektrodesign	2 929	5	14 645
CELKEM					172 653

Příloha č. 2.1 – Seznam položek (varianta č. 2)

Číslo položky	Název	Dodavatel	Cena za kus bez DPH	Počet kusů	Cena celkem bez DPH
[-]	[-]	[-]	[Kč]	[-]	[Kč]
1.1	Wafe EFS 350	Wafe	74 000	1	74 000
1.2	Venkovní mřížka	Wafe	1 043	1	1 043
2.1	Rozváděcí box 160/10x75	Elektrodesign	4 463	2	8 926
2.2	Škrťací klapka 75	Regulus	220	10	2 200
2.3	Připojovací box 080/75	Elektrodesign	663	4	2 652
2.4	VST 08-1	Elektrodesign	264	2	528
2.5	Připojovací box 100/2x75	Elektrodesign	736	3	2 208
2.6	VST 10-1	Elektrodesign	290	3	870
2.7	Připojovací box 100/75	Elektrodesign	663	1	663
2.8	Připojovací box 125/3x75	Elektrodesign	1 305	1	1 305
2.9	VST 12-1	Elektrodesign	314	1	314
3.1	Připojovací box 125/2x75	Elektrodesign	436	1	436
3.2	IT-PRO 125	Elektrodesign	121	1	121
3.3	IT-PRO 100	Elektrodesign	110	1	220
3.4	VEF 080	Elektrodesign	189	2	378
3.5	Připojovací box 150/3x75	Elektrodesign	1 029	1	1 029
3.6	IT-PRO 150	Elektrodesign	159	1	159
	Čidlo CO ₂	Wafe	V ceně	6	V ceně
	Doběhový spínač 708	Elektrodesign	407	1	407
	Doběhový spínač 715	Elektrodesign	461	1	461
	ED Flex (50 m)	Elektrodesign	6 479	3	19 437
	Nástěnný ovladač	Wafe	V ceně	1	V ceně
	Objímka 160	Elektrodesign	143	24	3 432
	Ocelová spona	Elektrodesign	10	20	200
	Příchytka s třmenem DN90	Elektrodesign	56	80	4 480
	TERMOFLEX MI 160 (10 m)	Wafe	501 650	2	3 300
	Těsnící kroužek pro ED Flex	Elektrodesign	50	30	1 500
	Vlhkostní čidlo	Wafe	V ceně	5	V ceně
	Záslepka	Elektrodesign	77	5	154
CELKEM					130 423

Příloha č. 3.1 – Seznam položek (varianta č. 3)

Číslo položky	Název	Dodavatel	Cena za kus bez DPH	Počet kusů	Cena celkem bez DPH
[-]	[-]	[-]	[Kč]	[-]	[Kč]
1.1	Ventbox 300 Standard	Thermwet	65 900	1	65 900
1.2	Fasádní mřížka	Thermwet	1 518	1	1 518
2.1	Kalhotový kus 45° 160/125	Elektrodesign	731	2	1 462
2.2	Kalhotový kus 45° 125/100	Elektrodesign	454	1	454
2.3	Kalhotový kus 45° 125/125	Elektrodesign	498	1	498
2.4	Kalhotový kus 30° 100/80	Elektrodesign	435	1	435
2.5	Kalhotový kus 30° 125/125	Elektrodesign	498	2	996
2.6	Osový přechod 125/100	Elektrodesign	200	3	600
2.7	VST 08-1	Elektrodesign	264	2	528
2.8	VST 10-1	Elektrodesign	290	3	870
2.9	VST 12-1	Elektrodesign	314	1	314
2.10	Škrťací klapka 80	Elektrodesign	605	2	1 210
2.11	Škrťací klapka 100	Elektrodesign	620	3	1 860
2.12	Škrťací klapka 125	Elektrodesign	638	1	638
3.1	Kalhotový kus 45° 160/160	Elektrodesign	601	1	601
3.2	Kalhotový kus 160/100	Elektrodesign	547	1	547
3.3	Osový přechod 100/80	Elektrodesign	254	2	508
3.4	Osový přechod 125/80	Elektrodesign	180	2	360
3.5	VEF 80	Elektrodesign	189	2	378
3.6	VEF 100	Elektrodesign	241	1	241
3.7	IT-PRO 125	Elektrodesign	121	2	242
	Čidlo CO ₂	Thermwet	6 590	6	39 540
	Čidlo RH	Thermwet	2 499	5	12 495
	Doběhový spínač 708	Elektrodesign	407	1	407
	Doběhový spínač 715	Elektrodesign	461	1	461
	Objímka 100	Elektrodesign	91	36	3 276
	Objímka 125	Elektrodesign	103	10	1 030
	Objímka 160	Elektrodesign	117	17	1 989
	Objímka 80	Elektrodesign	87	21	1 827
	Ocelová spona	Elektrodesign	27	25	675
	TERMOFLEX 100 (10 m)	Elektrodesign	1 690	4	6 760
	TERMOFLEX 125 (10 m)	Elektrodesign	1 860	2	3 720
	TERMOFLEX 160 (10 m)	Elektrodesign	2 260	2	4 520
	TERMOFLEX 80 (10 m)	Elektrodesign	1 560	3	4 680
	Spojka vnější 100	Elektrodesign	39	16	624
	Spojka vnější 125	Elektrodesign	41	7	287
	Spojka vnější 150	Elektrodesign	41	3	123
	Spojka vnější 80	Elektrodesign	34	9	306
CELKEM					162 880

Příloha č. 5 Tepelné zisky místností

Tepelné zisky z vnitřního prostředí 1.01

PRODUKCE TEPLA OD LIDÍ			
Produkce tepla	$Q_{c(26^{\circ}\text{C})}$	62	W
Teplota v místnosti	t_i	26	°C
Počet mužů	i_m	0	-
Počet žen	i_z	0	-
Počet dětí	i_d	0	-
Celková produkce od lidí	\dot{Q}_l	0	W
PRODUKCE TEPLA OD SVÍTIDEL			
Příkon svítidel	\dot{P}	0	W
Součinitel současnosti používání	c_1	0	-
Součinitel průměrného zatížení	c_2	0	-
Celková produkce tepla od svítidel	\dot{Q}_{sv}	0	W
PRODUKCE TEPLA OD ELEKTRONICKÝCH ZAŘÍZENÍ			
Zařízení v místnosti			
Suma příkonů všech zařízení	$\sum \dot{P}$	0	W
Součinitel současnosti používání	c_1	0	-
Součinitel průměrného zatížení	c_3	0	-
Celková produkce tepla od el. zařízení	\dot{Q}_e	0	W
PRODUKCE TEPLA OD VENTILÁTORŮ			
Průtok vzduchu ventilátorem	\dot{V}	0	m ³ /s
Celkový tlak ventilátoru	Δp	0	Pa
Účinnost ventilátoru	η_v	0	-
Účinnost elektromotoru	η_m	0	-
Celková produkce tepla od ventilátorů	\dot{Q}_v	0	W

PRODUKCE TEPLA ZE SOUSEDNÍCH MÍSTNOSTÍ						
Název sousední místnosti		1.02	1.03	1.05	půda	
Plocha	S	4,36	6,43	3,77	3,96	m ²
Součinitel prostupu tepla	U	0,34	0,93	0,93	0,21	W/m ² ·K
Teplota sousední místnosti	t_{is}	26	26	26	41,2	°C
Tepelný zisk konstrukcí	\dot{Q}_{smi}	0	0	0	13	W
Celkový tepelný zisk	\dot{Q}_{sm}		13			W

Příloha č. 5 Tepelné zisky místností (pokračování)

Tepelné zisky z vnějšího prostředí 1.01

Doba výpočtu

11 h

Sluneční deklinace	δ		°
Výška slunce nad obzorem	h	20,35	°
Sluneční azimut	a	0	°
Azimutový úhel normály stěny	γ	0	°
Intenzita přímé sluneční radiace	I_D	0	W/m ²
Propustnost standardního okna	t_D	0	-
Difúzní sluneční radiace	I_{okd}	0	W/m ²
Korekce na čistotu atmosféry	c_0	0	-
PROSTUP TEPLA OKNY			
Plocha okna	S_{ok}	0	m ²
Součinitel prostupu tepla	U_{ok}	0	W/m ² K
Teplota venkovního vzduchu	t_e	0	°C
Celkový tepelný zisk okny	\dot{Q}_{ok}	0	W
TEPELNÝ ZISK SLUNEČNÍ RADIACÍ			
Šířka okna	$l_{šok}$	0	m
Výška okna	l_{vok}	0	m
Vzdálenost svislého slunolamu	f	0	m
Vzdálenost vodorovného slunolamu	g	0	m
Hloubka svislého slunolamu	d	0	m
Hloubka vodorovného slunolamu	c	0	m
Délka svislého stínu	e_2	0	m
Délka vodorovného stínu	e_1	0	m
Osluněná plocha okna	S_{os}	0	m ²
Stínící součinitel	s	0	-
Tepelný zisk sluneční radiací	\dot{Q}_{orh}	0	W
Snížení zisků vlivem akumulace	$\Delta\dot{Q}$	0	W
Průměrný tepelný zisk	\dot{Q}_{orm}	0	W
Skutečný tepelný zisk (max(\dot{Q}_{orm} ; \dot{Q}_{orh}))	\dot{Q}_{or}	0	W

TEPELNÝ ZISK VENKOVNÍMI STĚNAMI					
Stěny středně těžké		JV	dveře	podlaha	
Tloušťka stěny	$t_{_s}$	0,462	0,07	0,391	m
Součinitel prostupu tepla stěnou	U_s	0,18	1,2	0,23	W/m ² K
Plocha stěny	S_s	6,24	1,58	3,96	m ²
Teplota v místnosti	t_i	26	26	26	°C
Průměrná rovnocenná sluneční teplota	t_{rm}	30,2	30,2	14	°C
Součinitel zmenšení teplotního kolísání	m	0,12	0,88	-	-
Fázové posunutí teplotních kmitů	ψ	14	2	-	h
Rovnocenná teplota v čase o ψ hodin dřív	$t_{r\psi}$	16,9	47,4	-	°C
Tepelný zisk stěnou	\dot{Q}_s	3	42	-11	W
Celkový tepelný zisk venkovními stěnami		34			W

Příloha č. 5 Tepelné zisky místností (pokračování)

TEPELNÝ ZISK Z PŘÍVODU VENKOVNÍHO VZDUCHU			
Objem přivedeného vzduchu	\dot{V}_L	0	m ³
Hustota vzduchu	ρ_L	1,2	kg/m ³
Měrná tepelná kapacita vzduchu	c_L	1000	J/kg·K
Teplota exteriéru	t_e	30	°C
Teplota v místnosti	t_i	26	°C
Celkový tepelný zisk z přívodu vzduchu	\dot{Q}_L	0	W

VODNÍ ZISKY			
Produkce páry od jednoho člověka	m_p	116	g/h
Počet mužů	i_m	0	-
Počet žen	i_z	0	-
Počet dětí	i_d	0	-
Měrné výparné teplo vody	l_{23}	2,5·10 ⁶	J/kg
Produkce tepla vázaným teplem	\dot{Q}_l	0	W

Tepelné zisky místnosti 1.01		
Tepelný zisk z vnitřního prostředí		
Produkce tepla od lidí	\dot{Q}_l	0
Produkce tepla od svítidel	\dot{Q}_{sv}	0
Produkce tepla od elektrozařízení	\dot{Q}_e	0
Produkce tepla od ventilátorů	\dot{Q}_v	0
Produkce tepla ze sousedních místností	\dot{Q}_{vm}	13
Tepelný zisk z vnějšího prostředí		
Tepelný zisk prostupem okny	\dot{Q}_{ok}	0
Tepelný zisk sluneční radiací	\dot{Q}_{ro}	0
Tepelný zisk vnějšími stěnami	\dot{Q}_s	34
Celkový zisk citelným teplem	$\sum \dot{q}$	47
Tepelný zisk z přívodu větracího vzduchu	\dot{Q}_L	0
Vodní zisk (vázané teplo)	\dot{Q}_{iv}	0
Celková tepelná zátěž	\dot{Q}_i	47

Příloha č. 5 Tepelné zisky místností (pokračování)

čas	h	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Venkovní teplota	°C	18,1	19,5	21,2	23	24,8	26,5	27,9	29,1	29,8	30	29,8	29,1	27,9	26,5	24,8	23	21,2
Zisk z vnitřního prostředí	W	0																
Zisk ze sousedních místností	W	1	4	7	10	12	13	12	11	10	7	5	3	2	1	0	-1	-1
Zisk prostupem okny	W	0																
Zisk radiací	W	0																
Zisk vnějšími stěnami	W	-25	-20	-5	11	24	34	36	35	29	19	10	10	8	5	1	-3	-8
Zisk z větracího vzduchu	W	0																
Vodní zisk	W	0																
Celkový zisk (citelné teplo)	W	-24	-16	2	21	36	47	48	46	39	26	15	13	10	6	1	-4	-9
Tepelná zátěž klimat. prostoru	W	-24	-16	2	21	36	47	48	46	39	26	15	13	10	6	1	-4	-9

Celkové zisky pro místnost 1.02

čas	h	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Venkovní teplota	°C	18,1	19,5	21,2	23	24,8	26,5	27,9	29,1	29,8	30	29,8	29,1	27,9	26,5	24,8	23	21,2
Zisk z vnitřního prostředí	W	99																
Zisk ze sousedních místností	W	2	11	20	27	33	35	35	32	27	21	14	7	5	2	-1	-3	-4
Zisk prostupem okny	W	-20	-16	-12	-7	-3	1	5	8	9	10	9	8	5	1	-3	-7	-12
Zisk radiací	W	288	517	652	747	739	603	399	288	288	288	288	288	288	288	288	288	288
Zisk vnějšími stěnami	W	-25	-25	-26	-26	-27	-27	-27	-27	-28	-28	-28	-28	-28	-27	-26	-25	-24
Zisk z větracího vzduchu	W	-65	-54	-40	-25	-10	4	16	26	32	33	32	26	16	4	-10	-25	-40
Vodní zisk	W	60																
Celkový zisk (citelné teplo)	W	344	585	733	839	841	711	510	399	396	390	382	374	368	363	356	352	347
Tepelná zátěž klimat. prostoru	W	338	592	753	875	891	776	586	485	488	483	474	460	445	427	407	387	367

Tepelné zisky z vnitřního prostředí 1.03

PRODUKCE TEPLA OD LIDÍ			
Produkce tepla	$Q_{c(26^{\circ}\text{C})}$	62	W
Teplota v místnosti	t_i	26	°C
Počet mužů	i_m	0	-
Počet žen	i_z	0	-
Počet dětí	i_d	1	-
Celková produkce od lidí	\dot{Q}_l	46,5	W
PRODUKCE TEPLA OD SVÍTIDEL			
Příkon svítidel	\dot{P}	0	W
Součinitel současnosti používání	c_1	0	-
Součinitel průměrného zatížení	c_2	0	-
Celková produkce tepla od svítidel	\dot{Q}_{sv}	0	W
PRODUKCE TEPLA OD ELEKTRONICKÝCH ZAŘÍZENÍ			
Zařízení v místnosti		TV, PC, tiskárna	
Suma příkonů všech zařízení	$\sum \dot{P}$	620	W
Součinitel současnosti používání	c_1	0,5	-
Součinitel průměrného zatížení	c_3	1	-
Celková produkce tepla od el. zařízení	\dot{Q}_e	310	W
PRODUKCE TEPLA OD VENTILÁTORŮ			
Průtok vzduchu ventilátorem	\dot{V}	0,0069	m ³ /s
Celkový tlak ventilátoru	Δp	125	Pa
Účinnost ventilátoru	η_v	0,7	-
Účinnost elektromotoru	η_m	0,6	-
Celková produkce tepla od ventilátorů	\dot{Q}_v	2	W

PRODUKCE TEPLA ZE SOUSEDNÍCH MÍSTNOSTÍ						
Název sousední místnosti		1.01	1.04	1.05	půda	
Plocha	S	2,47	3,88	1,37	11,54	m ²
Součinitel prostupu tepla	U	0,93	0,93	0,93	0,21	W/m ² ·K
Teplota sousední místnosti	t_{is}	26	26	26	41,2	°C
Tepelný zisk konstrukcí	\dot{Q}_{smi}	0	0	0	36	W
Celkový tepelný zisk	\dot{Q}_{sm}	36				W

Příloha č. 5 Tepelné zisky místností (pokračování)

Tepelné zisky z vnějšího prostředí 1.03

Doba výpočtu **11 h**

Sluneční deklinace	δ	20,35	°
Výška slunce nad obzorem	h	58	°
Sluneční azimut	a	153	°
Azimutový úhel normály stěny	γ	135	°
Intenzita přímé sluneční radiace	I_D	432	W/m ²
Propustnost standardního okna	t_D	0,76	-
Difúzní sluneční radiace	I_{okd}	133	W/m ²
Korekce na čistotu atmosféry	c_0	1	-
PROSTUP TEPLA OKNY			
Plocha okna	S_{ok}	2,7	m ²
Součinitel prostupu tepla	U_{ok}	0,92	W/m ² K
Teplota venkovního vzduchu	t_e	26,5	°C
Celkový tepelný zisk okny	\dot{Q}_{ok}	1,2	W
TEPELNÝ ZISK SLUNEČNÍ RADIACÍ			
Šířka okna	$l_{šok}$	1,8	m
Výška okna	l_{vok}	1,5	m
Vzdálenost svislého slunolamu	f	0	m
Vzdálenost vodorovného slunolamu	g	0	m
Hloubka svislého slunolamu	d	0,19	m
Hloubka vodorovného slunolamu	c	0,19	m
Délka svislého stínu	e_2	0,32	m
Délka vodorovného stínu	e_1	0,06	m
Osluněná plocha okna	S_{os}	2,05	m ²
Stínící součinitel	s	0,585	-
Tepelný zisk sluneční radiací	\dot{Q}_{orh}	603	W
Snížení zisků vlivem akumulace	$\Delta\dot{Q}$	0	W
Průměrný tepelný zisk	\dot{Q}_{orm}	288	W
Skutečný tepelný zisk ($\max(\dot{Q}_{orm}; \dot{Q}_{orh})$)	\dot{Q}_{or}	603	W

TEPELNÝ ZISK VENKOVNÍMI STĚNAMI					
Stěny středně těžké		JV	SV	podlaha	
Tloušťka stěny	t_s	0,462	0,462	0,391	m
Součinitel prostupu tepla stěnou	U_s	0,18	0,18	0,23	W/m ² K
Plocha stěny	S_s	9,25	7,9	11,54	m ²
Teplota v místnosti	t_i	26	26	26	°C
Průměrná rovnocenná sluneční teplota	t_{rm}	30,2	27,8	14	°C
Součinitel zmenšení teplotního kolísání	m	0,12	0,12	-	-
Fázové posunutí teplotních kmitů	ψ	14	14	-	h
Rovnocenná teplota v čase o ψ hodin dřív	$t_{r\psi}$	23	23	-	°C
Tepelný zisk stěnou	\dot{Q}_s	4	2	-32	W
Celkový tepelný zisk venkovními stěnami		-26			W

Příloha č. 5 Tepelné zisky místností (pokračování)

TEPELNÝ ZISK Z PŘÍVODU VENKOVNÍHO VZDUCHU			
Objem přivedeného vzduchu	\dot{V}_L	25	m ³ /s
Hustota vzduchu	ρ_L	1,2	kg/m ³
Měrná tepelná kapacita vzduchu	c_L	1000	J/kg·K
Teplota exteriéru	t_e	26,5	°C
Teplota v místnosti	t_i	26	°C
Celkový tepelný zisk z přívodu vzduchu	\dot{Q}_L	4	W

VODNÍ ZISKY			
Produkce páry od jednoho člověka	m_p	116	g/h
Počet mužů	i_m	0	-
Počet žen	i_z	0	-
Počet dětí	i_d	1	-
Měrné výparné teplo vody	l_{23}	$2,5 \cdot 10^6$	J/kg
Produkce tepla vázaným teplem	\dot{Q}_l	60	W

Příloha č. 5 Tepelné zisky místností (pokračování)

Sluneční deklinace	δ	°	20,35																
Korekce na čistotu atmosféry	c_0	-	1																
Azimutový úhel normály stěny	γ	°	135																
PROSTUP TEPLA OKNY																			
Plocha okna	S_{ok}	m²	2,7																
Součinitel prostupu tepla	U_{ok}	W/m² K	0,92																
Teplota venkovního vzduchu	t_e	°C	18,1	19,5	21,2	23	24,8	26,5	27,9	29,1	29,8	30	29,8	29,1	27,9	26,5	24,8	23	21,2
Celkový tepelný zisk okny	\dot{Q}_{ok}	W	-20	-16	-12	-7	-3	1	5	8	9	10	9	8	5	1	-3	-7	-12
Doba používání domu (mimo spánek)			6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Výška slunce nad obzorem	h	°	15	25	35	44	52	58	60	58	52	44	35	25	15	6	-2	-9	-14
Sluneční azimut	a	°	77	92	99	113	130	153	180	207	230	247	261	272	283	294	306	318	331
Šířka okna	$l_{šok}$	m	1,8																
Výška okna	l_{vok}	m	1,5																
Vzdálenost svislého slunolamu	f	m	0																
Vzdálenost vod. slunolamu	g	m	0																
Hloubka svislého slunolamu	d	m	0,19																
Hloubka vodorovného slunolamu	c	m	0,19																
Délka svislého stínu	e_2	m	0,1	0,12	0,16	0,2	0,24	0,32	0,47	1	3,01	0,49	0,23	0,12	0,06	0,02	0	0,03	0,05
Délka vod. stínu	e_1	m	0,31	0,17	0,14	0,08	0,02	0,06	0,19	0,59	2,34	0,48	0,27	0,17	0,12	0,07	0,03	0,01	0,05
Osluněná plocha okna	S_{os}	m²	2,09	2,24	2,23	2,25	2,24	2,05	1,66	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stínící součinitel	s	-	0,585																
Intenzita přímé sluneční radiace	I_D	W/m²	160	362	459	518	508	432	303	138	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Difúzní sluneční radiace	I_{okd}	W/m²	54	77	97	113	125	133	135	133	125	113	97	77	54	25	0	0	0
Skutečný tepelný zisk ($\max(\dot{Q}_{orm}; \dot{Q}_{orh})$)	\dot{Q}_{or}	W	234	517	652	747	739	603	399	227	198	179	154	122	85	39	0	0	0

Příloha č. 5 Tepelné zisky místností (pokračování)

Tepelné zisky místnosti 1.03		
Tepelný zisk z vnitřního prostředí		
Produkce tepla od lidí	\dot{Q}_l	46,5
Produkce tepla od svítidel	\dot{Q}_{sv}	0
Produkce tepla od elektrozařízení	\dot{Q}_e	310
Produkce tepla od ventilátorů	\dot{Q}_v	2
Produkce tepla ze sousedních místností	\dot{Q}_{vm}	36
Tepelný zisk z vnějšího prostředí		
Tepelný zisk prostupem okny	\dot{Q}_{ok}	1,2
Tepelný zisk sluneční radiací	\dot{Q}_{ro}	603
Tepelný zisk vnějšími stěnami	\dot{Q}_s	-26
Celkový zisk citelným teplem	$\sum \dot{Q}$	973
Tepelný zisk z přívodu větracího vzduchu	\dot{Q}_L	4
Vodní zisk (vázané teplo)	\dot{Q}_{iv}	60
Celková tepelná zátěž	\dot{Q}_i	1037

Příloha č. 5 Tepelné zisky místností (pokračování)

čas	h	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Venkovní teplota	°C	18,1	19,5	21,2	23	24,8	26,5	27,9	29,1	29,8	30	29,8	29,1	27,9	26,5	24,8	23	21,2
Zisk z vnitřního prostředí	W	394,5																
Zisk ze sousedních místností	W	2	12	21	28	34	36	36	33	28	22	14	7	5	2	-1	-3	-4
Zisk prostupem okny	W	-20	-16	-12	-7	-3	1,2	5	8	9	10	9	8	5	1,2	-3	-7	-12
Zisk radiací	W	288	517	652	767	739	603	399	288	288	288	288	288	288	288	288	288	288
Zisk vnějšími stěnami	W	-23	-24	-25	-25	-26	-27	-27	-28	-28	-29	-29	-29	-29	-28	-25	-23	-22
Zisk z větracího vzduchu	W	-65	-54	-40	-25	-10	4	16	26	32	33	32	26	16	4	-10	-25	-40
Vodní zisk	W	60																
Celkový zisk (citelné teplo)	W	605	847	995	1101	1103	973	771	660	656	649	641	633	627	622	617	613	608
Tepelná zátěž klimat. prostoru	W	600	853	1015	1136	1153	1037	847	746	748	743	733	719	704	687	668	649	629

Příloha č. 5 Tepelné zisky místností (pokračování)

Tepelné zisky z vnitřního prostředí 1.04

PRODUKCE TEPLA OD LIDÍ			
Produkce tepla	$Q_{c(26^{\circ}\text{C})}$	62	W
Teplota v místnosti	t_i	26	°C
Počet mužů	i_m	1	-
Počet žen	i_z	1	-
Počet dětí	i_d	0	-
Celková produkce od lidí	\dot{Q}_l	114,7	W
PRODUKCE TEPLA OD SVÍTIDEL			
Příkon svítidel	\dot{P}	0	W
Součinitel současnosti používání	c_1	0	-
Součinitel průměrného zatížení	c_2	0	-
Celková produkce tepla od svítidel	\dot{Q}_{sv}	0	W
PRODUKCE TEPLA OD ELEKTRONICKÝCH ZAŘÍZENÍ			
Zařízení v místnosti		TV, 2x Notebook	
Suma příkonů všech zařízení	$\sum \dot{P}$	150	W
Součinitel současnosti používání	c_1	0,5	-
Součinitel průměrného zatížení	c_3	1	-
Celková produkce tepla od el. zařízení	\dot{Q}_e	75	W
PRODUKCE TEPLA OD VENTILÁTORŮ			
Průtok vzduchu ventilátorem	\dot{V}	0,014	m ³ /s
Celkový tlak ventilátoru	Δp	125	Pa
Účinnost ventilátoru	η_v	0,7	-
Účinnost elektromotoru	η_m	0,6	-
Celková produkce tepla od ventilátorů	\dot{Q}_v	4	W

PRODUKCE TEPLA ZE SOUSEDNÍCH MÍSTNOSTÍ					
Název sousední místnosti		1.03	1.05	půda	
Plocha	S	10,6	7,7	11,4	m ²
Součinitel prostupu tepla	U	0,93	0,93	0,21	W/m ² ·K
Teplota sousední místnosti	t_{is}	26	26	28,1	°C
Tepelný zisk konstrukcí	\dot{Q}_{smi}	0	0	5	W
Celkový tepelný zisk	\dot{Q}_{sm}	5			W

Příloha č. 5 Tepelné zisky místností (pokračování)

Tepelné zisky z vnějšího prostředí 1.04

Doba výpočtu 18 h

Sluneční deklinace	δ		°
Výška slunce nad obzorem	h	20,35	°
Sluneční azimut	a	283	°
Azimutový úhel normály stěny	γ	315	°
Intenzita přímé sluneční radiace	I_D	261	W/m ²
Propustnost standardního okna	t_D	0,86	-
Difúzní sluneční radiace	I_{okd}	54	W/m ²
Korekce na čistotu atmosféry	c_0	1	-
PROSTUP TEPLA OKNY			
Plocha okna	S_{ok}	2,7	m ²
Součinitel prostupu tepla	U_{ok}	0,92	W/m ² K
Teplota venkovního vzduchu	t_e	27,9	°C
Celkový tepelný zisk okny	\dot{Q}_{ok}	5	W
TEPELNÝ ZISK SLUNEČNÍ RADIACÍ			
Šířka okna	$l_{šok}$	1,8	m
Výška okna	l_{vok}	1,5	m
Vzdálenost svislého slunolamu	f	0	m
Vzdálenost vodorovného slunolamu	g	0	m
Hloubka svislého slunolamu	d	0,19	m
Hloubka vodorovného slunolamu	c	0,19	m
Délka svislého stínu	e_2	0,06	m
Délka vodorovného stínu	e_1	0,12	m
Osluněná plocha okna	S_{os}	2,42	m ²
Stínící součinitel	s	0,585	-
Tepelný zisk sluneční radiací	\dot{Q}_{orh}	404	W
Snížení zisků vlivem akumulace	$\Delta\dot{Q}$	0	W
Průměrný tepelný zisk	\dot{Q}_{orm}	193	W
Skutečný tepelný zisk ($\max(\dot{Q}_{orm}; \dot{Q}_{orh})$)	\dot{Q}_{or}	404	W

TEPELNÝ ZISK VENKOVNÍMI STĚNAMI					
Stěny středně těžké		SZ	SV	podlaha	
Tloušťka stěny	t_s	0,462	0,462	0,391	m
Součinitel prostupu tepla stěnou	U_s	0,18	0,18	0,23	W/m ² K
Plocha stěny	S_s	8,3	7,7	11,4	m ²
Teplota v místnosti	t_i	26	26	26	°C
Průměrná rovnocenná sluneční teplota	t_{rm}	27,8	27,8	14	°C
Součinitel zmenšení teplotního kolísání	m	0,12	0,12	-	-
Fázové posunutí teplotních kmitů	ψ	14	14	-	h
Rovnocenná teplota v čase o ψ hodin dříve	$t_{r\psi}$	16,2	16,2	-	°C
Tepelný zisk stěnou	\dot{Q}_s	0,4	0,5	-32	W
Celkový tepelný zisk venkovními stěnami		-31			W

Příloha č. 5 Tepelné zisky místností (pokračování)

TEPELNÝ ZISK Z PŘÍVODU VENKOVNÍHO VZDUCHU			
Objem přivedeného vzduchu	\dot{V}_L	50	m ³
Hustota vzduchu	ρ_L	1,2	kg/m ³
Měrná tepelná kapacita vzduchu	c_L	1000	J/kg·K
Teplota exteriéru	t_e	27,9	°C
Teplota v místnosti	t_i	26	°C
Celkový tepelný zisk z přívodu vzduchu	\dot{Q}_L	32	W

VODNÍ ZISKY			
Produkce páry od jednoho člověka	m_p	116	g/h
Počet mužů	i_m	1	-
Počet žen	i_z	1	-
Počet dětí	i_d	0	-
Měrné výparné teplo vody	l_{23}	2,5·10 ⁶	J/kg
Produkce tepla vázaným teplem	\dot{Q}_l	149	W

Příloha č. 5 Tepelné zisky místností (pokračování)

Sluneční deklinace	δ	°	20,35																
Korekce na čistotu atmosféry	c_0	-	1																
Azimutový úhel normály stěny	γ	°	315																
PROSTUP TEPLA OKNY																			
Plocha okna	S_{ok}	m ²	2,7																
Součinitel prostupu tepla	U_{ok}	W/m ² ·K	0,92																
Teplota venkovního vzduchu	t_e	°C	18,1	19,5	21,2	23	24,8	26,5	27,9	29,1	29,8	30	29,8	29,1	27,9	26,5	24,8	23	21,2
Celkový tepelný zisk okny	\dot{Q}_{ok}	W	-20	-16	-12	-7	-3	1	5	8	9	10	9	8	5	1	-3	-7	-12
Doba používání domu (mimo spánek)			6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Výška slunce nad obzorem	h	°	15	25	35	44	52	58	60	58	52	44	35	25	15	6	-2	-9	-14
Sluneční azimut	a	°	77	92	99	113	130	153	180	207	230	247	261	272	283	294	306	318	331
Šířka okna	$l_{šok}$	m	1,8																
Výška okna	l_{vok}	m	1,5																
Vzdálenost svislého slunolamu	f	m	0																
Vzdálenost vodorovného slunolamu	g	m	0																
Hloubka svislého slunolamu	d	m	0,19																
Hloubka vodorovného slunolamu	c	m	0,19																
Délka svislého stínu	e_2	m	0,1	0,12	0,16	0,2	0,24	0,32	0,47	1	3,01	0,49	0,23	0,12	0,06	0,02	0	0,03	0,05
Délka vodorovného stínu	e_1	m	0,31	0,17	0,14	0,08	0,02	0,06	0,19	0,59	2,34	0,48	0,27	0,17	0,12	0,07	0,03	0,01	0,05
Osluněná plocha okna	S_{os}	m ²	0	0	0	0	0	0	0	0	0,82	1,34	2	2,24	2,42	2,55	2,64	2,63	2,53
Stínící součinitel	s	-	0,585																
Intenzita přímé sluneční radiace	I_D	W/m ²	0	0	0	0	0	0	0	0	41	207	328	362	261	38	0	0	0
Difúzní sluneční radiace	I_{okd}	W/m ²	54	77	97	113	125	133	135	133	125	113	97	77	54	25	0	0	0
Skutečný tepelný zisk ($\max(\dot{Q}_{orm}; \dot{Q}_{orh})$)	\dot{Q}_{or}	W	85	122	154	179	198	210	214	210	201	265	431	517	404	89	0	0	0

Příloha č. 5 Tepelné zisky místností (pokračování)

Tepelné zisky místnosti 1.04		
Tepelný zisk z vnitřního prostředí		
Produkce tepla od lidí	\dot{Q}_l	114,7
Produkce tepla od svítidel	\dot{Q}_{sv}	0
Produkce tepla od elektrozařízení	\dot{Q}_e	75
Produkce tepla od ventilátorů	\dot{Q}_v	4
Produkce tepla ze sousedních místností	\dot{Q}_{vm}	5
Tepelný zisk z vnějšího prostředí		
Tepelný zisk prostupem okny	\dot{Q}_{ok}	5
Tepelný zisk sluneční radiací	\dot{Q}_{ro}	404
Tepelný zisk vnějšími stěnami	\dot{Q}_s	-31
Celkový zisk citelným teplem	$\sum \dot{q}$	577
Tepelný zisk z přívodu větracího vzduchu	\dot{Q}_L	32
Vodní zisk (vázané teplo)	\dot{Q}_{iv}	149
Celková tepelná zátěž	\dot{Q}_i	758

Příloha č. 5 Tepelné zisky místností (pokračování)

čas	h	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Venkovní teplota	°C	18,1	19,5	21,2	23	24,8	26,5	27,9	29,1	29,8	30	29,8	29,1	27,9	26,5	24,8	23	21,2
Zisk z vnitřního prostředí	W	199																
Zisk ze sousedních místností	W	2	12	21	28	33	36	36	33	28	21	14	7	5	2	-1	-3	-4
Zisk prostupem okny	W	-20	-16	-12	-7	-3	1	5	8	9	10	9	8	5	1	-3	-7	-12
Zisk radiací	W	193	193	193	193	198	210	214	210	201	265	431	517	404	193	193	193	193
Zisk vnějšími stěnami	W	-24	-25	-26	-27	-29	-29	-30	-30	-30	-31	-31	-31	-31	-30	-28	-27	-26
Zisk z větracího vzduchu	W	-132	-108	-80	-50	-20	8	32	52	63	67	63	52	32	8	-20	-50	-80
Vodní zisk	W	149																
Celkový zisk (citelné teplo)	W	344	357	370	380	394	412	419	414	401	460	618	695	577	360	355	350	344
Tepelná zátěž klimat. prostoru	W	362	398	439	479	523	569	599	615	614	675	830	896	757	518	484	449	413

Tepelné zisky z vnitřního prostředí 1.05

PRODUKCE TEPLA OD LIDÍ			
Produkce tepla	$Q_{e(26^{\circ}\text{C})}$	62	W
Teplota v místnosti	t_i	26	°C
Počet mužů	i_m	0	-
Počet žen	i_z	0	-
Počet dětí	i_d	0	-
Celková produkce od lidí	\dot{Q}_l	0	W
PRODUKCE TEPLA OD SVÍTIDEL			
Příkon svítidel	\dot{P}	0	W
Součinitel současnosti používání	c_1	0	-
Součinitel průměrného zatížení	c_2	0	-
Celková produkce tepla od svítidel	\dot{Q}_{sv}	0	W
PRODUKCE TEPLA OD ELEKTRONICKÝCH ZAŘÍZENÍ			
Zařízení v místnosti			
Suma příkonů všech zařízení	$\sum \dot{P}$	0	W
Součinitel současnosti používání	c_1	0	-
Součinitel průměrného zatížení	c_3	0	-
Celková produkce tepla od el. zařízení	\dot{Q}_e	0	W
PRODUKCE TEPLA OD VENTILÁTORŮ			
Průtok vzduchu ventilátorem	\dot{V}	0	m ³ /s
Celkový tlak ventilátoru	Δp	0	Pa
Účinnost ventilátoru	η_v	0	-
Účinnost elektromotoru	η_m	0	-
Celková produkce tepla od ventilátorů	\dot{Q}_v	0	W

PRODUKCE TEPLA ZE SOUSEDNÍCH MÍSTNOSTÍ							
Název sousední místnosti		1.01	1.02	1.03	1.04	1.06	
Plocha	S	3,77	2,6	3,56	7,67	3,77	m ²
Součinitel prostupu tepla	U	0,93	0,34	0,93	0,93	0,34	W/m ² ·K
Teplota sousední místnosti	t_{is}	26	26	26	26	26	°C
Tepelný zisk konstrukcí	\dot{Q}_{smi}	0	0	0	0	0	W
Název sousední místnosti		1.10	1.11	1.12	půda		
Plocha	S	3,9	2,34	5,15	8,44		m ²
Součinitel prostupu tepla	U	0,34	0,34	0,34	0,21		W/m ² ·K
Teplota sousední místnosti	t_{is}	26	26	26	34,7		°C
Tepelný zisk konstrukcí	\dot{Q}_{smi}	0	0	0	15		W
Celkový tepelný zisk	\dot{Q}_{sm}	15					W

Příloha č. 5 Tepelné zisky místností (pokračování)

Tepelné zisky z vnějšího prostředí 1.05

Doba výpočtu 8 h

Sluneční deklinace	δ		°
Výška slunce nad obzorem	h	20,35	°
Sluneční azimut	a	0	°
Azimutový úhel normály stěny	γ	0	°
Intenzita přímé sluneční radiace	I_D	0	W/m ²
Propustnost standardního okna	t_D	0	-
Difúzní sluneční radiace	I_{okd}	0	W/m ²
Korekce na čistotu atmosféry	c_0	0	-
PROSTUP TEPLA OKNY			
Plocha okna	S_{ok}	0	m ²
Součinitel prostupu tepla	U_{ok}	0	W/m ² K
Teplota venkovního vzduchu	t_e	0	°C
Celkový tepelný zisk okny	\dot{Q}_{ok}	0	W
TEPELNÝ ZISK SLUNEČNÍ RADIACÍ			
Šířka okna	$l_{šok}$	0	m
Výška okna	l_{vok}	0	m
Vzdálenost svislého slunolamu	f	0	m
Vzdálenost vodorovného slunolamu	g	0	m
Hloubka svislého slunolamu	d	0	m
Hloubka vodorovného slunolamu	c	0	m
Délka svislého stínu	e_2	0	m
Délka vodorovného stínu	e_1	0	m
Osluněná plocha okna	S_{os}	0	m ²
Stínící součinitel	s	0	-
Tepelný zisk sluneční radiací	\dot{Q}_{orh}	0	W
Snížení zisků vlivem akumulace	$\Delta\dot{Q}$	0	W
Průměrný tepelný zisk	\dot{Q}_{orm}	0	W
Skutečný tepelný zisk (max(\dot{Q}_{orm} ; \dot{Q}_{orh}))	\dot{Q}_{or}	0	W

TEPELNÝ ZISK VENKOVNÍMI STĚNAMI					
Stěny středně těžké		SV	dveře	podlaha	
Tloušťka stěny	t_s	0,462	0,07	0,391	m
Součinitel prostupu tepla stěnou	U_s	0,18	1,2	0,23	W/m ² K
Plocha stěny	S_s	2,68	1,79	8,44	m ²
Teplota v místnosti	t_i	26	26	26	°C
Průměrná rovnocenná sluneční teplota	t_{rm}	27,8	31,4	14	°C
Součinitel zmenšení teplotního kolísání	m	0,12	0,88	-	-
Fázové posunutí teplotních kmitů	ψ	14	2	-	h
Rovnocenná teplota v čase o ψ hodin dřív	$t_{r\psi}$	30,5	31,4	-	°C
Tepelný zisk stěnou	\dot{Q}_s	0	11	-24	W
Celkový tepelný zisk venkovními stěnami		-13			W

Příloha č. 5 Tepelné zisky místností (pokračování)

TEPELNÝ ZISK Z PŘÍVODU VENKOVNÍHO VZDUCHU			
Objem přivedeného vzduchu	\dot{V}_L	0	m ³
Hustota vzduchu	ρ_L	1,2	kg/m ³
Měrná tepelná kapacita vzduchu	c_L	1000	J/kg·K
Teplota exteriéru	t_e	30	°C
Teplota v místnosti	t_i	26	°C
Celkový tepelný zisk z přívodu vzduchu	\dot{Q}_L	0	W

VODNÍ ZISKY			
Produkce páry od jednoho člověka	m_p	116	g/h
Počet mužů	i_m	0	-
Počet žen	i_z	0	-
Počet dětí	i_d	0	-
Měrné výparné teplo vody	l_{23}	2,5·10 ⁶	J/kg
Produkce tepla vázaným teplem	\dot{Q}_l	0	W

Tepelné zisky místnosti 1.05		
Tepelný zisk z vnitřního prostředí		
Produkce tepla od lidí	\dot{Q}_l	0
Produkce tepla od svítidel	\dot{Q}_{sv}	0
Produkce tepla od elektrozařízení	\dot{Q}_e	0
Produkce tepla od ventilátorů	\dot{Q}_v	0
Produkce tepla ze sousedních místností	\dot{Q}_{vm}	15
Tepelný zisk z vnějšího prostředí		
Tepelný zisk prostupem okny	\dot{Q}_{ok}	0
Tepelný zisk sluneční radiací	\dot{Q}_{ro}	0
Tepelný zisk vnějšími stěnami	\dot{Q}_s	-13
Celkový zisk citelným teplem	$\sum \dot{q}$	2
Tepelný zisk z přívodu větracího vzduchu	\dot{Q}_L	0
Vodní zisk (vázané teplo)	\dot{Q}_{iv}	0
Celková tepelná zátěž	\dot{Q}_i	2

Příloha č. 5 Tepelné zisky místností (pokračování)

čas	h	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Venkovní teplota	°C	18,1	19,5	21,2	23	24,8	26,5	27,9	29,1	29,8	30	29,8	29,1	27,9	26,5	24,8	23	21,2
Zisk z vnitřního prostředí	W	0																
Zisk ze sousedních místností	W	1	9	15	21	25	27	26	24	21	16	10	5	4	2	-1	-2	-3
Zisk prostupem okny	W	0																
Zisk radiací	W	0																
Zisk vnějšími stěnami	W	-42	-33	-13	-3	-1	-4	-11	-10	-7	-5	-5	-5	-7	-11	-15	-20	-25
Zisk z větracího vzduchu	W	0																
Vodní zisk	W	0																
Celkový zisk (citelné teplo)	W	-41	-24	2	18	24	23	15	14	14	11	5	0	-3	-9	-16	-22	-28
Tepelná zátěž klimat. prostoru	W	-41	-24	2	18	24	23	15	14	14	11	5	0	-3	-9	-16	-22	-28

Tepelné zisky z vnitřního prostředí 1.06+107

PRODUKCE TEPLA OD LIDÍ			
Produkce tepla	$Q_{e(26^{\circ}\text{C})}$	62	W
Teplota v místnosti	t_i	26	°C
Počet mužů	i_m	1	-
Počet žen	i_z	1	-
Počet dětí	i_d	2	-
Celková produkce od lidí	\dot{Q}_l	207,7	W
PRODUKCE TEPLA OD SVÍTIDEL			
Příkon svítidel	\dot{P}	30	W
Součinitel současnosti používání	c_1	0,5	-
Součinitel průměrného zatížení	c_2	0	-
Celková produkce tepla od svítidel	\dot{Q}_{sv}	15	W
PRODUKCE TEPLA OD ELEKTRONICKÝCH ZAŘÍZENÍ			
Zařízení v místnosti		TV, notebook, lednice, sporák, myčka nádobí	
Suma příkonů všech zařízení	$\sum \dot{P}$	338	W
Součinitel současnosti používání	c_1	0,4	-
Součinitel průměrného zatížení	c_3	1	-
Celková produkce tepla od el. zařízení	\dot{Q}_e	135	W
PRODUKCE TEPLA OD VENTILÁTORŮ			
Průtok vzduchu ventilátorem	\dot{V}	0,042	m ³ /s
Celkový tlak ventilátoru	Δp	125	Pa
Účinnost ventilátoru	η_v	0,7	-
Účinnost elektromotoru	η_m	0,6	-
Celková produkce tepla od ventilátorů	\dot{Q}_v	12	W

PRODUKCE TEPLA ZE SOUSEDNÍCH MÍSTNOSTÍ								
Název místnosti	sousední		1.05	1.08	1.09	1.12	půda	
Plocha	S	3,77	10,4	4,06	10,08	42,85	m ²	
Součinitel prostupu tepla	U	0,34	0,7	0,7	0,34	0,21	W/m ² ·K	
Teplota sousední místnosti	t_{is}	26	26	26	26	34,7	°C	
Tepelný zisk konstrukcí	\dot{Q}_{smi}	0	0	0	0	77	W	
Celkový tepelný zisk	\dot{Q}_{sm}	77					W	

Příloha č. 5 Tepelné zisky místností (pokračování)

Tepelné zisky z vnějšího prostředí 1.06+1.07

Doba výpočtu **8 h**

Sluneční deklinace	δ	20,35	°
Výška slunce nad obzorem	h	35	°
Sluneční azimut	a	99	°
Azimutový úhel normály stěny	γ	45	°
Intenzita přímé sluneční radiace	I_D	328	W/m ²
Propustnost standardního okna	t_D	0,74	-
Difúzní sluneční radiace	I_{okd}	97	W/m ²
Korekce na čistotu atmosféry	c_0	1	-

PROSTUP TEPLA OKNY

Plocha okna	S_{ok}	6,9	m ²
Součinitel prostupu tepla	U_{ok}	0,92	W/m ² K
Teplota venkovního vzduchu	t_e	21,2	°C
Celkový tepelný zisk okny	\dot{Q}_{ok}	-30	W

TEPELNÝ ZISK SLUNEČNÍ RADIACÍ

Šířka okna	$l_{šok}$	1,8	m
Výška okna	l_{vok}	1,5	m
Výška fr. okna	l_{fr}	2,31	m
Vzdálenost svislého slunolamu	f	0	m
Vzdálenost vodorovného slunolamu	g	0	m
Hloubka svislého slunolamu	d	0,19	m
Hloubka vodorovného slunolamu	c	0,19	m
Délka svislého stínu	e_2	0,23	m
Délka vodorovného stínu	e_1	0,27	m
Osluněná plocha okna	S_{os}	5,15	m ²
Stínící součinitel	s	0,585	-
Tepelný zisk sluneční radiací	\dot{Q}_{orh}	1122	W
Snížení zisků vlivem akumulace	$\Delta\dot{Q}$	0	W
Průměrný tepelný zisk	\dot{Q}_{orm}	479	W
Skutečný tepelný zisk ($\max(\dot{Q}_{orm}; \dot{Q}_{orh})$)	\dot{Q}_{or}	1122	W

TEPELNÝ ZISK VENKOVNÍMI STĚNAMI

Stěny středně těžké		JZ	SV	podlaha	
Tloušťka stěny	t_s	0,462	0,462	0,391	m
Součinitel prostupu tepla stěnou	U_s	0,18	0,18	0,23	W/m ² K
Plocha stěny	S_s	19,4	19,4	42,85	m ²
Teplota v místnosti	t_i	26	26	26	°C
Průměrná rovnocenná sluneční teplota	t_{rm}	30,2	27,8	14	°C
Součinitel zmenšení teplotního kolísání	m	0,12	0,12	-	-
Fázové posunutí teplotních kmitů	ψ	14	14	-	h
Rovnocenná teplota v čase o ψ hodin dřív	$t_{r\psi}$	37,1	30,5	-	°C
Tepelný zisk stěnou	\dot{Q}_s	17	5	-121	W
Celkový tepelný zisk venkovními stěnami		-99			W

Příloha č. 5 Tepelné zisky místností (pokračování)

TEPELNÝ ZISK Z PŘÍVODU VENKOVNÍHO VZDUCHU			
Objem přivedeného vzduchu	\dot{V}_L	150	m ³ /s
Hustota vzduchu	ρ_L	1,2	kg/m ³
Měrná tepelná kapacita vzduchu	c_L	1000	J/kg·K
Teplota exteriéru	t_e	21,2	°C
Teplota v místnosti	t_i	26	°C
Celkový tepelný zisk z přívodu vzduchu	\dot{Q}_L	-240	W

VODNÍ ZISKY			
Produkce páry od jednoho člověka	m_p	116	g/h
Počet mužů	i_m	1	-
Počet žen	i_z	1	-
Počet dětí	i_d	2	-
Měrné výparné teplo vody	l_{23}	$2,5 \cdot 10^6$	J/kg
Produkce tepla vázaným teplem	\dot{Q}_l	270	W

Příloha č. 5 Tepelné zisky místností (pokračování)

Sluneční deklinace	δ	°	20,35																
Korekce na čistotu atmosféry	c_0	-	1																
Azimutový úhel normály stěny	γ	°	45																
PROSTUP TEPLA OKNY																			
Plocha okna	S_{ok}	m ²	6,9																
Součinitel prostupu tepla	U_{ok}	W/m ² K	0,92																
Teplota venkovního vzduchu	t_e	°C	18,1	19,5	21,2	23	24,8	26,5	27,9	29,1	29,8	30	29,8	29,1	27,9	26,5	24,8	23	21,2
Celkový tepelný zisk okny	\dot{Q}_{ok}	W	-50	-41	-30	-19	-8	3	12	20	24	25	24	20	12	3	-8	-19	-30
Doba používání domu (mimo spánek)			6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Výška slunce nad obzorem	h	°	15	25	35	44	52	58	60	58	52	44	35	25	15	6	-2	-9	-14
Sluneční azimut	a	°	77	92	99	113	130	153	180	207	230	247	261	272	283	294	306	318	331
Šířka okna	$l_{šok}$	m	1,8																
Výška okna	l_{vok}	m	1,5																
Výška fr. okna	l_{fr}	M	2,31																
Vzdálenost svislého slunolamu	f	m	0																
Vzdálenost vod. slunolamu	g	m	0																
Hloubka svislého slunolamu	d	m	0,19																
Hloubka vodorovného slunolamu	c	m	0,19																
Délka svislého stínu	e_2	m	0,06	0,13	0,22	0,49	3,01	1	0,47	0,32	0,24	0,2	0,16	0,13	0,1	0,06	0,04	0,63	0,18
Délka vod. stínu	e_1	m	0,12	0,21	0,27	0,48	0,34	0,6	0,19	0,06	0,15	0,08	0,14	0,21	0,31	0,5	1,16	3,87	0,66
Osluněná plocha okna	S_{os}	m ²	6,21	5,65	5,15	3,74	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stínící součinitel	s	-	0,585																
Intenzita přímé sluneční radiace	I_D	W/m ²	261	333	328	207	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Difúzní sluneční radiace	I_{okd}	W/m ²	54	77	97	113	125	132	135	132	125	113	97	77	54	25	0	0	0
Skutečný tepelný zisk ($\max(\dot{Q}_{orm}; \dot{Q}_{orh})$)	\dot{Q}_{or}	W	1033	1206	1122	697	507	533	543	533	503	454	390	310	216	100	0	0	0

Příloha č. 5 Tepelné zisky místností (pokračování)

Tepelné zisky místnosti 1.06+1.07		
Tepelný zisk z vnitřního prostředí		
Produkce tepla od lidí	\dot{Q}_l	207,7
Produkce tepla od svítidel	\dot{Q}_{sv}	15
Produkce tepla od elektrozařízení	\dot{Q}_e	135
Produkce tepla od ventilátorů	\dot{Q}_v	12
Produkce tepla ze sousedních místností	\dot{Q}_{vm}	77
Tepelný zisk z vnějšího prostředí		
Tepelný zisk prostupem okny	\dot{Q}_{ok}	-30
Tepelný zisk sluneční radiací	\dot{Q}_{ro}	1122
Tepelný zisk vnějšími stěnami	\dot{Q}_s	-99
Celkový zisk citelným teplem	$\sum \dot{q}$	1440
Tepelný zisk z přívodu větracího vzduchu	\dot{Q}_L	-240
Vodní zisk (vázané teplo)	\dot{Q}_{iv}	270
Celková tepelná zátěž	\dot{Q}_i	1470

Příloha č. 5 Tepelné zisky místností (pokračování)

čas	h	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Venkovní teplota	°C	18,1	19,5	21,2	23	24,8	26,5	27,9	29,1	29,8	30	29,8	29,1	27,9	26,5	24,8	23	21,2
Zisk z vnitřního prostředí	W	447																
Zisk ze sousedních místností	W	6	44	77	106	125	135	134	124	105	80	52	28	19	8	-4	-10	-16
Zisk prostupem okny	W	-50	-41	-30	-19	-8	3	12	20	24	25	24	20	12	3	-8	-19	-30
Zisk radiací	W	1033	1206	1122	697	507	533	543	533	503	479	479	479	479	479	479	479	479
Zisk vnějšími stěnami	W	-93	-96	-99	-104	-106	-108	-109	-110	-111	-112	-112	-112	-112	-110	-106	-104	-103
Zisk z větracího vzduchu	W	-395	-325	-240	-150	-60	25	95	155	190	200	190	155	95	25	-60	-150	-240
Vodní zisk	W	270																
Celkový zisk (citelné teplo)	W	1267	1483	1439	1050	889	934	951	937	892	843	814	785	768	750	731	717	701
Tepelná zátěž klimat. prostoru	W	1142	1427	1469	1169	1098	1229	1315	1361	1351	1313	1273	1209	1133	1045	941	836	731

Tepelné zisky z vnitřního prostředí 1.08

PRODUKCE TEPLA OD LIDÍ			
Produkce tepla	$Q_{e(26^{\circ}\text{C})}$	62	W
Teplota v místnosti	t_i	26	°C
Počet mužů	i_m	1	-
Počet žen	i_z	1	-
Počet dětí	i_d	0	-
Celková produkce od lidí	\dot{Q}_l	114,7	W
PRODUKCE TEPLA OD SVÍTIDEL			
Příkon svítidel	\dot{P}	0	W
Součinitel současnosti používání	c_1	0	-
Součinitel průměrného zatížení	c_2	0	-
Celková produkce tepla od svítidel	\dot{Q}_{sv}	0	W
PRODUKCE TEPLA OD ELEKTRONICKÝCH ZAŘÍZENÍ			
Zařízení v místnosti		Notebook	
Suma příkonů všech zařízení	$\sum \dot{P}$	30	W
Součinitel současnosti používání	c_1	0,5	-
Součinitel průměrného zatížení	c_3	1	-
Celková produkce tepla od el. zařízení	\dot{Q}_e	15	W
PRODUKCE TEPLA OD VENTILÁTORŮ			
Průtok vzduchu ventilátorem	\dot{V}	0,014	m³/s
Celkový tlak ventilátoru	Δp	125	Pa
Účinnost ventilátoru	η_v	0,7	-
Účinnost elektromotoru	η_m	0,6	-
Celková produkce tepla od ventilátorů	\dot{Q}_v	4	W

PRODUKCE TEPLA ZE SOUSEDNÍCH MÍSTNOSTÍ					
Název sousední místnosti		1.07	1.09	půda	
Plocha	S	10,4	7,8	12	m²
Součinitel prostupu tepla	U	0,7	0,93	0,21	W/m²·K
Teplota sousední místnosti	t_{is}	26	26	34,7	°C
Tepelný zisk konstrukcí	\dot{Q}_{smi}	0	0	22	W
Celkový tepelný zisk	\dot{Q}_{sm}	22			W

Příloha č. 5 Tepelné zisky místností (pokračování)

Tepelné zisky z vnějšího prostředí 1.08

Doba výpočtu 8 h

Sluneční deklinace	δ		°
Výška slunce nad obzorem	h	20,35	°
Sluneční azimut	a	99	°
Azimutový úhel normály stěny	γ	45	°
Intenzita přímé sluneční radiace	I_D	328	W/m ²
Propustnost standardního okna	t_D	0,74	-
Difúzní sluneční radiace	I_{okd}	97	W/m ²
Korekce na čistotu atmosféry	c_0	1	-
PROSTUP TEPLA OKNY			
Plocha okna	S_{ok}	2,7	m ²
Součinitel prostupu tepla	U_{ok}	0,92	W/m ² K
Teplota venkovního vzduchu	t_e	21,2	°C
Celkový tepelný zisk okny	\dot{Q}_{ok}	-12	W
TEPELNÝ ZISK SLUNEČNÍ RADIACÍ			
Šířka okna	$l_{šok}$	1,8	m
Výška okna	l_{vok}	1,5	m
Vzdálenost svislého slunolamu	f	0	m
Vzdálenost vodorovného slunolamu	g	0	m
Hloubka svislého slunolamu	d	0,19	m
Hloubka vodorovného slunolamu	c	0,19	m
Délka svislého stínu	e_2	0,23	m
Délka vodorovného stínu	e_1	0,27	m
Osluněná plocha okna	S_{os}	1,95	m ²
Stínící součinitel	s	0,585	-
Tepelný zisk sluneční radiací	\dot{Q}_{orh}	431	W
Snížení zisků vlivem akumulace	$\Delta\dot{Q}$	0	W
Průměrný tepelný zisk	\dot{Q}_{orm}	187	W
Skutečný tepelný zisk (max(\dot{Q}_{orm} ; \dot{Q}_{orh}))	\dot{Q}_{or}	431	W

TEPELNÝ ZISK VENKOVNÍMI STĚNAMI					
Stěny středně těžké		SZ	SV	podlaha	
Tloušťka stěny	t_s	0,462	0,462	0,391	m
Součinitel prostupu tepla stěnou	U_s	0,18	0,18	0,23	W/m ² K
Plocha stěny	S_s	10,4	7,8	11,4	m ²
Teplota v místnosti	t_i	26	26	26	°C
Průměrná rovnocenná sluneční teplota	t_{rm}	27,8	27,8	14	°C
Součinitel zmenšení teplotního kolísání	m	0,12	0,12	-	-
Fázové posunutí teplotních kmitů	ψ	14	14	-	h
Rovnocenná teplota v čase o ψ hodin dřív	$t_{r\psi}$	41,3	30,5	-	°C
Tepelný zisk stěnou	\dot{Q}_s	6	2	-34	W
Celkový tepelný zisk venkovními stěnami		-26			W

Příloha č. 5 Tepelné zisky místností (pokračování)

TEPELNÝ ZISK Z PŘÍVODU VENKOVNÍHO VZDUCHU			
Objem přivedeného vzduchu	\dot{V}_L	50	m ³
Hustota vzduchu	ρ_L	1,2	kg/m ³
Měrná tepelná kapacita vzduchu	c_L	1000	J/kg·K
Teplota exteriéru	t_e	21,2	°C
Teplota v místnosti	t_i	26	°C
Celkový tepelný zisk z přívodu vzduchu	\dot{Q}_L	-80	W

VODNÍ ZISKY			
Produkce páry od jednoho člověka	m_p	116	g/h
Počet mužů	i_m	1	-
Počet žen	i_z	1	-
Počet dětí	i_d	0	-
Měrné výparné teplo vody	l_{23}	$2,5 \cdot 10^6$	J/kg
Produkce tepla vázaným teplem	\dot{Q}_l	149	W

Příloha č. 5 Tepelné zisky místností (pokračování)

Sluneční deklinace	δ	°	20,35																
Korekce na čistotu atmosféry	c_0	-	1																
Azimutový úhel normály stěny	γ	°	45																
PROSTUP TEPLA OKNY																			
Plocha okna	S_{ok}	m ²	2,7																
Součinitel prostupu tepla	U_{ok}	W/m ² ·K	0,92																
Teplota venkovního vzduchu	t_e	°C	18,1	19,5	21,2	23	24,8	26,5	27,9	29,1	29,8	30	29,8	29,1	27,9	26,5	24,8	23	21,2
Celkový tepelný zisk okny	\dot{Q}_{ok}	W	-20	-16	-12	-7	-3	1	5	8	9	10	9	8	5	1	-3	-7	-12
Doba používání domu (mimo spánek)			6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Výška slunce nad obzorem	h	°	15	25	35	44	52	58	60	58	52	44	35	25	15	6	-2	-9	-14
Sluneční azimut	a	°	77	92	99	113	130	153	180	207	230	247	261	272	283	294	306	318	331
Šířka okna	$l_{šok}$	m	1,8																
Výška okna	l_{vok}	m	1,5																
Vzdálenost svislého slunolamu	f	m	0																
Vzdálenost vodorovného slunolamu	g	m	0																
Hloubka svislého slunolamu	d	m	0,19																
Hloubka vodorovného slunolamu	c	m	0,19																
Délka svislého stínu	e_2	m	0,06	0,13	0,22	0,49	3,01	1	0,47	0,32	0,24	0,2	0,16	0,13	0,1	0,06	0,04	0,63	0,18
Délka vodorovného stínu	e_1	m	0,12	0,21	0,27	0,48	0,34	0,6	0,19	0,06	0,15	0,08	0,14	0,21	0,31	0,5	1,16	3,87	0,66
Osluněná plocha okna	S_{os}	m ²	2,42	2,18	1,95	1,34	0,82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stínící součinitel	s	-	0,585																
Intenzita přímé sluneční radiace	I_D	W/m ²	261	333	328	207	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Difúzní sluneční radiace	I_{okd}	W/m ²	54	77	97	113	125	133	135	133	125	113	97	77	54	25	0	0	0
Skutečný tepelný zisk (max (\dot{Q}_{orm} ; \dot{Q}_{orh}))	\dot{Q}_{or}	W	404	468	431	265	201	210	214	210	198	179	153	122	85	39	0	0	0

Příloha č. 5 Tepelné zisky místností (pokračování)

Tepelné zisky místnosti 1.08		
Tepelný zisk z vnitřního prostředí		
Produkce tepla od lidí	\dot{Q}_l	114,7
Produkce tepla od svítidel	\dot{Q}_{sv}	0
Produkce tepla od elektrozařízení	\dot{Q}_e	15
Produkce tepla od ventilátorů	\dot{Q}_v	4
Produkce tepla ze sousedních místností	\dot{Q}_{vm}	22
Tepelný zisk z vnějšího prostředí		
Tepelný zisk prostupem okny	\dot{Q}_{ok}	-12
Tepelný zisk sluneční radiací	\dot{Q}_{ro}	431
Tepelný zisk vnějšími stěnami	\dot{Q}_s	-26
Celkový zisk citelným teplem	$\sum \dot{q}$	549
Tepelný zisk z přívodu větracího vzduchu	\dot{Q}_L	-80
Vodní zisk (vázané teplo)	\dot{Q}_{iv}	149
Celková tepelná zátěž	\dot{Q}_i	618

Příloha č. 5 Tepelné zisky místností (pokračování)

čas	h	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Venkovní teplota	°C	18,1	19,5	21,2	23	24,8	26,5	27,9	29,1	29,8	30	29,8	29,1	27,9	26,5	24,8	23	21,2
Zisk z vnitřního prostředí	W	156																
Zisk ze sousedních místností	W	2	12	22	30	35	38	38	35	29	22	15	8	5	2	-1	-3	-4
Zisk prostupem okny	W	-20	-16	-12	-7	-3	1	5	8	9	10	9	8	5	1	-3	-7	-12
Zisk radiací	W	404	468	431	265	201	210	214	210	198	187	187	187	187	187	187	187	187
Zisk vnějšími stěnami	W	-24	-25	-25	-28	-29	-30	-31	-31	-32	-32	-32	-33	-32	-32	-30	-29	-28
Zisk z větracího vzduchu	W	-132	-108	-80	-50	-20	8	32	52	63	67	63	52	32	8	-20	-50	-80
Vodní zisk	W	149																
Celkový zisk (citelné teplo)	W	496	574	549	393	337	353	359	355	339	321	313	304	298	293	287	282	276
Tepelná zátěž klimat. prostoru	W	513	614	618	492	466	510	540	555	551	537	525	505	479	450	416	381	345

Tepelné zisky z vnitřního prostředí 1.09

PRODUKCE TEPLA OD LIDÍ			
Produkce tepla	$Q_{e(26^{\circ}\text{C})}$	62	W
Teplota v místnosti	t_i	26	°C
Počet mužů	i_m	0	-
Počet žen	i_z	0	-
Počet dětí	i_d	0	-
Celková produkce od lidí	\dot{Q}_l	0	W
PRODUKCE TEPLA OD SVÍTIDEL			
Příkon svítidel	\dot{P}	0	W
Součinitel současnosti používání	c_1	0	-
Součinitel průměrného zatížení	c_2	0	-
Celková produkce tepla od svítidel	\dot{Q}_{sv}	0	W
PRODUKCE TEPLA OD ELEKTRONICKÝCH ZAŘÍZENÍ			
Zařízení v místnosti			
Suma příkonů všech zařízení	$\sum \dot{P}$	0	W
Součinitel současnosti používání	c_1	0	-
Součinitel průměrného zatížení	c_3	0	-
Celková produkce tepla od el. zařízení	\dot{Q}_e	0	W
PRODUKCE TEPLA OD VENTILÁTORŮ			
Průtok vzduchu ventilátorem	\dot{V}	0	m ³ /s
Celkový tlak ventilátoru	Δp	0	Pa
Účinnost ventilátoru	η_v	0	-
Účinnost elektromotoru	η_m	0	-
Celková produkce tepla od ventilátorů	\dot{Q}_v	0	W

PRODUKCE TEPLA ZE SOUSEDNÍCH MÍSTNOSTÍ					
Název sousední místnosti		1.07	1.08	půda	
Plocha	S	4,06	7,8	4,73	m ²
Součinitel prostupu tepla	U	0,7	0,93	0,21	W/m ² ·K
Teplota sousední místnosti	t_{is}	26	26	28,1	°C
Tepelný zisk konstrukcí	\dot{Q}_{smi}	0	0	2	W
Celkový tepelný zisk	\dot{Q}_{sm}	2			W

Příloha č. 5 Tepelné zisky místností (pokračování)

Tepelné zisky z vnějšího prostředí 1.09

Doba výpočtu

18 h

Sluneční deklinace	δ		°
Výška slunce nad obzorem	h	20,35	°
Sluneční azimut	a	0	°
Azimutový úhel normály stěny	γ	0	°
Intenzita přímé sluneční radiace	I_D	0	W/m ²
Propustnost standardního okna	t_D	0	-
Difúzní sluneční radiace	I_{okd}	0	W/m ²
Korekce na čistotu atmosféry	c_0	0	-
PROSTUP TEPLA OKNY			
Plocha okna	S_{ok}	0	m ²
Součinitel prostupu tepla	U_{ok}	0	W/m ² K
Teplota venkovního vzduchu	t_e	0	°C
Celkový tepelný zisk okny	\dot{Q}_{ok}	0	W
TEPELNÝ ZISK SLUNEČNÍ RADIACÍ			
Šířka okna	$l_{šok}$	0	m
Výška okna	l_{vok}	0	m
Vzdálenost svislého slunolamu	f	0	m
Vzdálenost vodorovného slunolamu	g	0	m
Hloubka svislého slunolamu	d	0	m
Hloubka vodorovného slunolamu	c	0	m
Délka svislého stínu	e_2	0	m
Délka vodorovného stínu	e_1	0	m
Osluněná plocha okna	S_{os}	0	m ²
Stínící součinitel	s	0	-
Tepelný zisk sluneční radiací	\dot{Q}_{orh}	0	W
Snížení zisků vlivem akumulace	$\Delta\dot{Q}$	0	W
Průměrný tepelný zisk	\dot{Q}_{orm}	0	W
Skutečný tepelný zisk (max(\dot{Q}_{orm} ; \dot{Q}_{orh}))	\dot{Q}_{or}	0	W

TEPELNÝ ZISK VENKOVNÍMI STĚNAMI					
Stěny středně těžké		SZ	JZ	podlaha	
Tloušťka stěny	t_s	0,462	0,462	0,391	m
Součinitel prostupu tepla stěnou	U_s	0,18	0,18	0,23	W/m ² K
Plocha stěny	S_s	4,06	7,8	4,73	m ²
Teplota v místnosti	t_i	26	26	26	°C
Průměrná rovnocenná sluneční teplota	t_{rm}	27,8	30,2	14	°C
Součinitel zmenšení teplotního kolísání	m	0,12	0,12	-	-
Fázové posunutí teplotních kmitů	ψ	14	14	-	h
Rovnocenná teplota v čase o ψ hodin dřív	$t_{r\psi}$	16,2	16,2	-	°C
Tepelný zisk stěnou	\dot{Q}_s	0	3	-13	W
Celkový tepelný zisk venkovními stěnami		-10			W

Příloha č. 5 Tepelné zisky místností (pokračování)

TEPELNÝ ZISK Z PŘÍVODU VENKOVNÍHO VZDUCHU			
Objem přivedeného vzduchu	\dot{V}_L	0	m ³
Hustota vzduchu	ρ_L	1,2	kg/m ³
Měrná tepelná kapacita vzduchu	c_L	1000	J/kg·K
Teplota exteriéru	t_e	27,9	°C
Teplota v místnosti	t_i	26	°C
Celkový tepelný zisk z přívodu vzduchu	\dot{Q}_L	0	W

VODNÍ ZISKY			
Produkce páry od jednoho člověka	m_p	116	g/h
Počet mužů	i_m	0	-
Počet žen	i_z	0	-
Počet dětí	i_d	0	-
Měrné výparné teplo vody	l_{23}	2,5·10 ⁶	J/kg
Produkce tepla vázaným teplem	\dot{Q}_l	0	W

Tepelné zisky místnosti 1.09		
Tepelný zisk z vnitřního prostředí		
Produkce tepla od lidí	\dot{Q}_l	0
Produkce tepla od svítidel	\dot{Q}_{sv}	0
Produkce tepla od elektrozařízení	\dot{Q}_e	0
Produkce tepla od ventilátorů	\dot{Q}_v	0
Produkce tepla ze sousedních místností	\dot{Q}_{vm}	2
Tepelný zisk z vnějšího prostředí		
Tepelný zisk prostupem okny	\dot{Q}_{ok}	0
Tepelný zisk sluneční radiací	\dot{Q}_{ro}	0
Tepelný zisk vnějšími stěnami	\dot{Q}_s	-10
Celkový zisk citelným teplem	$\sum \dot{q}$	-8
Tepelný zisk z přívodu větracího vzduchu	\dot{Q}_L	0
Vodní zisk (vázané teplo)	\dot{Q}_{iv}	0
Celková tepelná zátěž	\dot{Q}_i	-8

Příloha č. 5 Tepelné zisky místností (pokračování)

čas	h	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Venkovní teplota	°C	18,1	19,5	21,2	23	24,8	26,5	27,9	29,1	29,8	30	29,8	29,1	27,9	26,5	24,8	23	21,2
Zisk z vnitřního prostředí	W	0																
Zisk ze sousedních místností	W	1	5	9	12	14	15	15	14	12	9	6	3	2	1	-1	-1	-2
Zisk prostupem okny	W	0																
Zisk radiací	W	0																
Zisk vnějšími stěnami	W	-4	-4	-5	-6	-7	-8	-8	-9	-9	-9	-10	-10	-10	-9	-7	-6	-5
Zisk z větracího vzduchu	W	0																
Vodní zisk	W	0																
Celkový zisk (citelné teplo)	W	-3	1	4	6	7	7	7	5	3	0	-4	-7	-8	-8	-8	-7	-7
Tepelná zátěž klimat. prostoru	W	-3	1	4	6	7	7	7	5	3	0	-4	-7	-8	-8	-8	-7	-7

Tepelné zisky z vnitřního prostředí 1.10

PRODUKCE TEPLA OD LIDÍ			
Produkce tepla	$Q_{c(26^{\circ}\text{C})}$	62	W
Teplota v místnosti	t_i	26	°C
Počet mužů	i_m	0	-
Počet žen	i_z	0	-
Počet dětí	i_d	0	-
Celková produkce od lidí	\dot{Q}_l	0	W
PRODUKCE TEPLA OD SVÍTIDEL			
Příkon svítidel	\dot{P}	0	W
Součinitel současnosti používání	c_1	0	-
Součinitel průměrného zatížení	c_2	0	-
Celková produkce tepla od svítidel	\dot{Q}_{sv}	0	W
PRODUKCE TEPLA OD ELEKTRONICKÝCH ZAŘÍZENÍ			
Zařízení v místnosti			
Suma příkonů všech zařízení	$\sum \dot{P}$	0	W
Součinitel současnosti používání	c_1	0	-
Součinitel průměrného zatížení	c_3	0	-
Celková produkce tepla od el. zařízení	\dot{Q}_e	0	W
PRODUKCE TEPLA OD VENTILÁTORŮ			
Průtok vzduchu ventilátorem	\dot{V}	0	m ³ /s
Celkový tlak ventilátoru	Δp	0	Pa
Účinnost ventilátoru	η_v	0	-
Účinnost elektromotoru	η_m	0	-
Celková produkce tepla od ventilátorů	\dot{Q}_v	0	W

PRODUKCE TEPLA ZE SOUSEDNÍCH MÍSTNOSTÍ							
Název sousední místnosti		1.02	1.05	1.11	1.12	půda	
Plocha	S	10,1	3,9	7,15	5,26	4,73	m ²
Součinitel prostupu tepla	U	0,7	0,34	0,7	0,7	0,21	W/m ² ·K
Teplota sousední místnosti	t_{is}	26	26	26	26	35	°C
Tepelný zisk konstrukcí	\dot{Q}_{smi}	0	0	0	0	15	W
Celkový tepelný zisk	\dot{Q}_{sm}	15					W

Příloha č. 5 Tepelné zisky místností (pokračování)

Tepelné zisky z vnějšího prostředí 1.10

Doba výpočtu 15 h

Sluneční deklinace	δ		°
Výška slunce nad obzorem	h	20,35	°
Sluneční azimut	a	0	°
Azimutový úhel normály stěny	γ	0	°
Intenzita přímé sluneční radiace	I_D	0	W/m ²
Propustnost standardního okna	t_D	0	-
Difúzní sluneční radiace	I_{okd}	0	W/m ²
Korekce na čistotu atmosféry	c_0	0	-
PROSTUP TEPLA OKNY			
Plocha okna	S_{ok}	0	m ²
Součinitel prostupu tepla	U_{ok}	0	W/m ² K
Teplota venkovního vzduchu	t_e	0	°C
Celkový tepelný zisk okny	\dot{Q}_{ok}	0	W
TEPELNÝ ZISK SLUNEČNÍ RADIACÍ			
Šířka okna	$l_{šok}$	0	m
Výška okna	l_{vok}	0	m
Vzdálenost svislého slunolamu	f	0	m
Vzdálenost vodorovného slunolamu	g	0	m
Hloubka svislého slunolamu	d	0	m
Hloubka vodorovného slunolamu	c	0	m
Délka svislého stínu	e_2	0	m
Délka vodorovného stínu	e_1	0	m
Osluněná plocha okna	S_{os}	0	m ²
Stínící součinitel	s	0	-
Tepelný zisk sluneční radiací	\dot{Q}_{orh}	0	W
Snížení zisků vlivem akumulace	$\Delta\dot{Q}$	0	W
Průměrný tepelný zisk	\dot{Q}_{orm}	0	W
Skutečný tepelný zisk (max(\dot{Q}_{orm} ; \dot{Q}_{orh}))	\dot{Q}_{or}	0	W

TEPELNÝ ZISK VENKOVNÍMI STĚNAMI				
Stěny středně těžké		SV	podlaha	
Tloušťka stěny	t_s	0,462	0,391	m
Součinitel prostupu tepla stěnou	U_s	0,18	0,23	W/m ² K
Plocha stěny	S_s	6,5	7,83	m ²
Teplota v místnosti	t_i	26	26	°C
Průměrná rovnocenná sluneční teplota	t_{rm}	30,2	14	°C
Součinitel zmenšení teplotního kolísání	m	0,12	-	-
Fázové posunutí teplotních kmitů	ψ	14	-	h
Rovnocenná teplota v čase o ψ hodin dřív	$t_{r\psi}$	16,9	-	°C
Tepelný zisk stěnou	\dot{Q}_s	3	-22	W
Celkový tepelný zisk venkovními stěnami		-19		W

Příloha č. 5 Tepelné zisky místností (pokračování)

TEPELNÝ ZISK Z PŘÍVODU VENKOVNÍHO VZDUCHU			
Objem přivedeného vzduchu	\dot{V}_L	0	m ³
Hustota vzduchu	ρ_L	1,2	kg/m ³
Měrná tepelná kapacita vzduchu	c_L	1000	J/kg·K
Teplota exteriéru	t_e	30	°C
Teplota v místnosti	t_i	26	°C
Celkový tepelný zisk z přívodu vzduchu	\dot{Q}_L	0	W

VODNÍ ZISKY			
Produkce páry od jednoho člověka	m_p	116	g/h
Počet mužů	i_m	0	-
Počet žen	i_z	0	-
Počet dětí	i_d	0	-
Měrné výparné teplo vody	l_{23}	2,5·10 ⁶	J/kg
Produkce tepla vázaným teplem	\dot{Q}_l	0	W

Tepelné zisky místnosti 1.10		
Tepelný zisk z vnitřního prostředí		
Produkce tepla od lidí	\dot{Q}_l	0
Produkce tepla od svítidel	\dot{Q}_{sv}	0
Produkce tepla od elektrozařízení	\dot{Q}_e	0
Produkce tepla od ventilátorů	\dot{Q}_v	0
Produkce tepla ze sousedních místností	\dot{Q}_{vm}	15
Tepelný zisk z vnějšího prostředí		
Tepelný zisk prostupem okny	\dot{Q}_{ok}	0
Tepelný zisk sluneční radiací	\dot{Q}_{ro}	0
Tepelný zisk vnějšími stěnami	\dot{Q}_s	-19
Celkový zisk citelným teplem	$\sum \dot{q}$	-4
Tepelný zisk z přívodu větracího vzduchu	\dot{Q}_L	0
Vodní zisk (vázané teplo)	\dot{Q}_{iv}	0
Celková tepelná zátěž	\dot{Q}_i	-4

Příloha č. 5 Tepelné zisky místností (pokračování)

čas	h	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Venkovní teplota	°C	18,1	19,5	21,2	23	24,8	26,5	27,9	29,1	29,8	30	29,8	29,1	27,9	26,5	24,8	23	21,2
Zisk z vnitřního prostředí	W	0																
Zisk ze sousedních místností	W	1	8	14	19	23	25	25	23	19	15	10	5	3	1	-1	-2	-3
Zisk prostupem okny	W	0																
Zisk radiací	W	0																
Zisk vnějšími stěnami	W	-17	-17	-17	-18	-18	-19	-19	-19	-19	-19	-19	-19	-19	-19	-17	-17	-16
Zisk z větracího vzduchu	W	0																
Vodní zisk	W	0																
Celkový zisk (citelné teplo)	W	-16	-9	-3	1	5	6	6	4	0	-4	-9	-14	-16	-18	-18	-19	-19
Tepelná zátěž klimat. prostoru	W	-16	-9	-3	1	5	6	6	4	0	-4	-9	-14	-16	-18	-18	-19	-19

Tepelné zisky z vnitřního prostředí 1.11

PRODUKCE TEPLA OD LIDÍ			
Produkce tepla	$Q_{e(26^{\circ}\text{C})}$	62	W
Teplota v místnosti	t_i	26	°C
Počet mužů	i_m	0	-
Počet žen	i_z	0	-
Počet dětí	i_d	0	-
Celková produkce od lidí	\dot{Q}_l	0	W
PRODUKCE TEPLA OD SVÍTIDEL			
Příkon svítidel	\dot{P}	0	W
Součinitel současnosti používání	c_1	0	-
Součinitel průměrného zatížení	c_2	0	-
Celková produkce tepla od svítidel	\dot{Q}_{sv}	0	W
PRODUKCE TEPLA OD ELEKTRONICKÝCH ZAŘÍZENÍ			
Zařízení v místnosti			
Suma příkonů všech zařízení	$\sum \dot{P}$	0	W
Součinitel současnosti používání	c_1	0	-
Součinitel průměrného zatížení	c_3	0	-
Celková produkce tepla od el. zařízení	\dot{Q}_e	0	W
PRODUKCE TEPLA OD VENTILÁTORŮ			
Průtok vzduchu ventilátorem	\dot{V}	0	m ³ /s
Celkový tlak ventilátoru	Δp	0	Pa
Účinnost ventilátoru	η_v	0	-
Účinnost elektromotoru	η_m	0	-
Celková produkce tepla od ventilátorů	\dot{Q}_v	0	W

PRODUKCE TEPLA ZE SOUSEDNÍCH MÍSTNOSTÍ						
Název sousední místnosti		1.05	1.10	1.12	půda	
Plocha	S	2,34	6,5	4,16	1,44	m ²
Součinitel prostupu tepla	U	0,34	0,7	0,7	0,21	W/m ² ·K
Teplota sousední místnosti	t_{is}	26	26	26	35	°C
Tepelný zisk konstrukcí	\dot{Q}_{smi}	0	0	0	3	W
Celkový tepelný zisk	\dot{Q}_{sm}	3				W

Příloha č. 5 Tepelné zisky místností (pokračování)

Tepelné zisky z vnějšího prostředí 1.11

Doba výpočtu

15 h

Sluneční deklinace	δ		°
Výška slunce nad obzorem	h	20,35	°
Sluneční azimut	a	0	°
Azimutový úhel normály stěny	γ	0	°
Intenzita přímé sluneční radiace	I_D	0	W/m ²
Propustnost standardního okna	t_D	0	-
Difúzní sluneční radiace	I_{okd}	0	W/m ²
Korekce na čistotu atmosféry	c_0	0	-
PROSTUP TEPLA OKNY			
Plocha okna	S_{ok}	0	m ²
Součinitel prostupu tepla	U_{ok}	0	W/m ² K
Teplota venkovního vzduchu	t_e	0	°C
Celkový tepelný zisk okny	\dot{Q}_{ok}	0	W
TEPELNÝ ZISK SLUNEČNÍ RADIACÍ			
Šířka okna	$l_{šok}$	0	m
Výška okna	l_{vok}	0	m
Vzdálenost svislého slunolamu	f	0	m
Vzdálenost vodorovného slunolamu	g	0	m
Hloubka svislého slunolamu	d	0	m
Hloubka vodorovného slunolamu	c	0	m
Délka svislého stínu	e_2	0	m
Délka vodorovného stínu	e_1	0	m
Osluněná plocha okna	S_{os}	0	m ²
Stínící součinitel	s	0	-
Tepelný zisk sluneční radiací	\dot{Q}_{orh}	0	W
Snížení zisků vlivem akumulace	$\Delta\dot{Q}$	0	W
Průměrný tepelný zisk	\dot{Q}_{orm}	0	W
Skutečný tepelný zisk (max(\dot{Q}_{orm} ; \dot{Q}_{orh})	\dot{Q}_{or}	0	W

TEPELNÝ ZISK VENKOVNÍMI STĚNAMI			
Stěny středně těžké		podlaha	
Tloušťka stěny	t_s	0,391	m
Součinitel prostupu tepla stěnou	U_s	0,23	W/m ² K
Plocha stěny	S_s	1,44	m ²
Teplota v místnosti	t_i	26	°C
Průměrná rovnocenná sluneční teplota	t_{rm}	14	°C
Součinitel zmenšení teplotního kolísání	m	-	-
Fázové posunutí teplotních kmitů	ψ	-	h
Rovnocenná teplota v čase o ψ hodin dřív	$t_{r\psi}$	-	°C
Tepelný zisk stěnou	\dot{Q}_s	-4	W
Celkový tepelný zisk venkovními stěnami		-4	W

Příloha č. 5 Tepelné zisky místností (pokračování)

TEPELNÝ ZISK Z PŘÍVODU VENKOVNÍHO VZDUCHU			
Objem přivedeného vzduchu	\dot{V}_L	0	m ³
Hustota vzduchu	ρ_L	1,2	kg/m ³
Měrná tepelná kapacita vzduchu	c_L	1000	J/kg·K
Teplota exteriéru	t_e	30	°C
Teplota v místnosti	t_i	26	°C
Celkový tepelný zisk z přívodu vzduchu	\dot{Q}_L	0	W

VODNÍ ZISKY			
Produkce páry od jednoho člověka	m_p	116	g/h
Počet mužů	i_m	0	-
Počet žen	i_z	0	-
Počet dětí	i_d	0	-
Měrné výparné teplo vody	l_{23}	2,5·10 ⁶	J/kg
Produkce tepla vázaným teplem	\dot{Q}_l	0	W

Tepelné zisky místnosti 1.11		
Tepelný zisk z vnitřního prostředí		
Produkce tepla od lidí	\dot{Q}_l	0
Produkce tepla od svítidel	\dot{Q}_{sv}	0
Produkce tepla od elektrozařízení	\dot{Q}_e	0
Produkce tepla od ventilátorů	\dot{Q}_v	0
Produkce tepla ze sousedních místností	\dot{Q}_{vm}	3
Tepelný zisk z vnějšího prostředí		
Tepelný zisk prostupem okny	\dot{Q}_{ok}	0
Tepelný zisk sluneční radiací	\dot{Q}_{ro}	0
Tepelný zisk vnějšími stěnami	\dot{Q}_s	-4
Celkový zisk citelným teplem	$\sum \dot{q}$	-1
Tepelný zisk z přívodu větracího vzduchu	\dot{Q}_L	0
Vodní zisk (vázané teplo)	\dot{Q}_{iv}	0
Celková tepelná zátěž	\dot{Q}_i	-1

Příloha č. 5 Tepelné zisky místností (pokračování)

čas	h	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Venkovní teplota	°C	18,1	19,5	21,2	23	24,8	26,5	27,9	29,1	29,8	30	29,8	29,1	27,9	26,5	24,8	23	21,2
Zisk z vnitřního prostředí	W	0																
Zisk ze sousedních místností	W	0	1	3	4	4	5	5	4	4	3	2	1	1	0	0	0	0
Zisk prostupem okny	W	0																
Zisk radiací	W	0																
Zisk vnějšími stěnami	W	-4																
Zisk z větracího vzduchu	W	0																
Vodní zisk	W	0																
Celkový zisk (citelné teplo)	W	-4	-3	-1	0	0	1	1	0	0	-1	-2	-3	-3	-4	-4	-4	-4
Tepelná zátěž klimat. prostoru	W	-4	-3	-1	0	0	1	1	0	0	-1	-2	-3	-3	-4	-4	-4	-4

Tepelné zisky z vnitřního prostředí 1.12

PRODUKCE TEPLA OD LIDÍ			
Produkce tepla	$Q_{e(26^{\circ}\text{C})}$	62	W
Teplota v místnosti	t_i	26	°C
Počet mužů	i_m	0	-
Počet žen	i_z	0	-
Počet dětí	i_d	0	-
Celková produkce od lidí	\dot{Q}_l	0	W
PRODUKCE TEPLA OD SVÍTIDEL			
Příkon svítidel	\dot{P}	0	W
Součinitel současnosti používání	c_1	0	-
Součinitel průměrného zatížení	c_2	0	-
Celková produkce tepla od svítidel	\dot{Q}_{sv}	0	W
PRODUKCE TEPLA OD ELEKTRONICKÝCH ZAŘÍZENÍ			
Zařízení v místnosti			
Suma příkonů všech zařízení	$\sum \dot{P}$	0	W
Součinitel současnosti používání	c_1	0	-
Součinitel průměrného zatížení	c_3	0	-
Celková produkce tepla od el. zařízení	\dot{Q}_e	0	W
PRODUKCE TEPLA OD VENTILÁTORŮ			
Průtok vzduchu ventilátorem	\dot{V}	0	m ³ /s
Celkový tlak ventilátoru	Δp	0	Pa
Účinnost ventilátoru	η_v	0	-
Účinnost elektromotoru	η_m	0	-
Celková produkce tepla od ventilátorů	\dot{Q}_v	0	W

PRODUKCE TEPLA ZE SOUSEDNÍCH MÍSTNOSTÍ							
Název sousední místnosti		1.05	1.06	1.10	1.11	půda	
Plocha	S	10,1	3,9	4,55	2,6	7,53	m ²
Součinitel prostupu tepla	U	0,34	0,34	0,7	0,7	0,21	W/m ² ·K
Teplota sousední místnosti	t_{is}	26	26	26	26	35	°C
Tepelný zisk konstrukcí	\dot{Q}_{smi}	0	0	0	0	14	W
Celkový tepelný zisk	\dot{Q}_{sm}		14				W

Příloha č. 5 Tepelné zisky místností (pokračování)

Tepelné zisky z vnějšího prostředí 1.12

Doba výpočtu 15 h

Sluneční deklinace	δ		°
Výška slunce nad obzorem	h	20,35	°
Sluneční azimut	a	0	°
Azimutový úhel normály stěny	γ	0	°
Intenzita přímé sluneční radiace	I_D	0	W/m ²
Propustnost standardního okna	t_D	0	-
Difúzní sluneční radiace	I_{okd}	0	W/m ²
Korekce na čistotu atmosféry	c_0	0	-
PROSTUP TEPLA OKNY			
Plocha okna	S_{ok}	0	m ²
Součinitel prostupu tepla	U_{ok}	0	W/m ² K
Teplota venkovního vzduchu	t_e	0	°C
Celkový tepelný zisk okny	\dot{Q}_{ok}	0	W
TEPELNÝ ZISK SLUNEČNÍ RADIACÍ			
Šířka okna	$l_{šok}$	0	m
Výška okna	l_{vok}	0	m
Vzdálenost svislého slunolamu	f	0	m
Vzdálenost vodorovného slunolamu	g	0	m
Hloubka svislého slunolamu	d	0	m
Hloubka vodorovného slunolamu	c	0	m
Délka svislého stínu	e_2	0	m
Délka vodorovného stínu	e_1	0	m
Osluněná plocha okna	S_{os}	0	m ²
Stínící součinitel	s	0	-
Tepelný zisk sluneční radiací	\dot{Q}_{orh}	0	W
Snížení zisků vlivem akumulace	$\Delta\dot{Q}$	0	W
Průměrný tepelný zisk	\dot{Q}_{orm}	0	W
Skutečný tepelný zisk (max(\dot{Q}_{orm} ; \dot{Q}_{orh})	\dot{Q}_{or}	0	W

TEPELNÝ ZISK VENKOVNÍMI STĚNAMI				
Stěny středně těžké		JZ	podlaha	
Tloušťka stěny	t_s	0,462	0,391	m
Součinitel prostupu tepla stěnou	U_s	0,18	0,23	W/m ² K
Plocha stěny	S_s	5,15	1,44	m ²
Teplota v místnosti	t_i	26	26	°C
Průměrná rovnocenná sluneční teplota	t_{rm}	30,2	14	°C
Součinitel zmenšení teplotního kolísání	m	0,12	-	-
Fázové posunutí teplotních kmitů	ψ	14	-	h
Rovnocenná teplota v čase o ψ hodin dřív	$t_{r\psi}$	16,9	-	°C
Tepelný zisk stěnou	\dot{Q}_s	2	-21	W
Celkový tepelný zisk venkovními stěnami			-19	W

Příloha č. 5 Tepelné zisky místností (pokračování)

TEPELNÝ ZISK Z PŘÍVODU VENKOVNÍHO VZDUCHU			
Objem přivedeného vzduchu	\dot{V}_L	0	m ³
Hustota vzduchu	ρ_L	1,2	kg/m ³
Měrná tepelná kapacita vzduchu	c_L	1000	J/kg·K
Teplota exteriéru	t_e	30	°C
Teplota v místnosti	t_i	26	°C
Celkový tepelný zisk z přívodu vzduchu	\dot{Q}_L	0	W

VODNÍ ZISKY			
Produkce páry od jednoho člověka	m_p	116	g/h
Počet mužů	i_m	0	-
Počet žen	i_z	0	-
Počet dětí	i_d	0	-
Měrné výparné teplo vody	l_{23}	2,5·10 ⁶	J/kg
Produkce tepla vázaným teplem	\dot{Q}_l	0	W

Tepelné zisky místnosti 1.12		
Tepelný zisk z vnitřního prostředí		
Produkce tepla od lidí	\dot{Q}_l	0
Produkce tepla od svítidel	\dot{Q}_{sv}	0
Produkce tepla od elektrozařízení	\dot{Q}_e	0
Produkce tepla od ventilátorů	\dot{Q}_v	0
Produkce tepla ze sousedních místností	\dot{Q}_{vm}	14
Tepelný zisk z vnějšího prostředí		
Tepelný zisk prostupem okny	\dot{Q}_{ok}	0
Tepelný zisk sluneční radiací	\dot{Q}_{ro}	0
Tepelný zisk vnějšími stěnami	\dot{Q}_s	-19
Celkový zisk citelným teplem	$\sum \dot{q}$	-5
Tepelný zisk z přívodu větracího vzduchu	\dot{Q}_L	0
Vodní zisk (vázané teplo)	\dot{Q}_{iv}	0
Celková tepelná zátěž	\dot{Q}_i	-5

Příloha č. 5 Tepelné zisky místností (pokračování)

čas	h	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Venkovní teplota	°C	18,1	19,5	21,2	23	24,8	26,5	27,9	29,1	29,8	30	29,8	29,1	27,9	26,5	24,8	23	21,2
Zisk z vnitřního prostředí	W	0																
Zisk ze sousedních místností	W	1	8	14	19	22	24	24	22	18	14	9	5	3	1	-1	-2	-3
Zisk prostupem okny	W	0																
Zisk radiací	W	0																
Zisk vnějšími stěnami	W	-17	-17	-18	-18	-18	-18	-19	-19	-19	-19	-19	-19	-19	-19	-17	-17	-17
Zisk z větracího vzduchu	W	0																
Vodní zisk	W	0																
Celkový zisk (citelné teplo)	W	-16	-9	-4	1	3	6	5	3	-1	-5	-10	-14	-16	-18	-18	-19	-20
Tepelná zátěž klimat. prostoru	W	-16	-9	-4	1	3	6	5	3	-1	-5	-10	-14	-16	-18	-18	-19	-20

Příloha č. 6 Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru pro chladič

Místnost	h	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1.01	W	-24	-16	2	21	36	47	48	46	39	26	15	13	10	6	1	-4	-9
1.02	W	279	531	693	814	831	715	526	425	428	423	414	400	384	367	346	327	307
1.03	W	540	793	955	1076	1093	977	787	686	688	682	673	659	643	626	607	588	568
1.04	W	212	249	290	330	374	420	451	466	464	527	681	747	609	368	335	300	264
1.05	W	-41	-24	2	18	24	23	15	14	14	11	5	0	-3	-9	-16	-22	-28
4.06+1.07	W	872	1158	1199	900	829	959	1046	1092	1082	1043	1004	940	863	775	671	567	461
1.08	W	364	466	469	343	317	361	391	407	402	388	376	356	330	301	267	232	196
1.09	W	-3	1	4	6	7	7	7	5	3	0	-4	-7	-8	-8	-8	-7	-7
1.10	W	-16	-9	-3	1	5	6	6	4	0	-4	-9	-14	-16	-18	-18	-19	-19
1.11	W	-4	-3	-1	0	0	1	1	0	0	-1	-2	-3	-3	-4	-4	-4	-4
1.12	W	-16	-9	-4	1	3	6	5	3	-1	-5	-10	-14	-16	-18	-18	-19	-20
CELKEM	W	2163	3137	3606	3510	3519	3522	3283	3148	3119	3090	3143	3077	2793	2386	2163	1939	1709

Příloha č. 7 Tepelná zátěž klimatizovaného prostoru pro multi-split systém

Místnost	h	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1.01	W	-24	-16	2	21	36	47	48	46	39	26	15	13	10	6	1	-4	-9
1.02	W	338	592	753	875	891	776	586	485	488	483	474	460	445	427	407	387	367
1.03	W	600	853	1015	1136	1153	1037	847	746	748	743	733	719	704	687	668	649	629
1.04	W	362	398	439	479	523	569	599	615	614	675	830	896	757	518	484	449	413
1.05	W	-41	-24	2	18	24	23	15	14	14	11	5	0	-3	-9	-16	-22	-28
4.06+1.07	W	1142	1427	1469	1169	1098	1229	1315	1361	1351	1313	1273	1209	1133	1045	941	836	731
1.08	W	513	614	618	492	466	510	540	555	551	537	525	505	479	450	416	381	345
1.09	W	-3	1	4	6	7	7	7	5	3	0	-4	-7	-8	-8	-8	-7	-7
1.10	W	-16	-9	-3	1	5	6	6	4	0	-4	-9	-14	-16	-18	-18	-19	-19
1.11	W	-4	-3	-1	0	0	1	1	0	0	-1	-2	-3	-3	-4	-4	-4	-4
1.12	W	-16	-9	-4	1	3	6	5	3	-1	-5	-10	-14	-16	-18	-18	-19	-20
CELKEM	W	2851	3824	4294	4198	4206	4211	3969	3834	3807	3778	3830	3764	3482	3076	2853	2627	2398